

N° d'ordre 2320

Série A

N° 1451

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTE DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Gabriel GARNIER

BIBLIOTHÉCAIRE A L'UNIVERSITÉ DE PARIS

1^{re} THÈSE. — INFLUENCE DE L'ÉTIREMENT SUR LES CELLULES
VÉGÉTALES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **25** avril 1934, devant la Commission d'examen

MM. M. MOLLIARD.... *Président,*

P. PORTIER..... } *Examineurs.*

A. LANQUINE.... }

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

4, RUE DANTE, 4

1934

THÈSES

DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

CHIMIE ORGANIQUE

THÈSE POUR LE DOCTORAT

N° d'ordre 2320

Série A

N° 1451

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

Gabriel GARNIER

BIBLIOTHÉCAIRE A L'UNIVERSITÉ DE PARIS

1^{re} THÈSE. — INFLUENCE DE L'ÉTIREMENT SUR LES CELLULES
VÉGÉTALES.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **2** avril 1934, devant la Commission d'examen

MM. M. MOLLIARD....	<i>Président,</i>
P. PORTIER.....	} <i>Examineurs.</i>
A. LANQUINE....	

PARIS

LIBRAIRIE GÉNÉRALE DE L'ENSEIGNEMENT

4, RUE DANTE, 4

1934

Faculté des Sciences de l'Université de Paris

MM.

<i>Doyen honoraire.</i>	M. MOLLIARD.
<i>Doyen</i>	C. MAURAIN, <i>Professeur</i> , Physique du globe.
	H. LE CHATELIER.
	H. LEBESGUE.
<i>Professeurs honoraire</i>	A. FERNBACH.
	A. LEDUC.
	Emile PICARD.
	Rémy PERRIER.
	Léon BRILLOUIN.
	GOURSAT.
	WALLERANT.
	GUILLET.
	PECHARD.
	FREUNDLER.

PROFESSEURS

P. JANET.....T	Electrotechnique générale.	Eugène BLOCH.T	Physique théorique et physique céleste.
G. BERTRAND. T	Chimie biologique.	G. BRUHAT.....	Physique.
M ^m P. CURIE. T	Physique générale	E. DARMOIS.....	Physique.
M. CAULLERY. T	Zoologie (Évolution des êtres organisés)	A. DEBIERNE...	Radioactivité.
G. URBAIN....T	Chimie générale.	A. DUFOUR....T	Physique (P. C. N.)
Émile BOREL...T	Calcul des probabilités et Physique mathém.	L. DUNOYER...	Optique appliquée.
L. MARCHIS...T	Aviation.	A. GUILLIER-MOND...T	Botanique (P. C. N.).
Jean PERRIN...T	Chimie physique.	M. JAVILLIER...	Chimie biologique.
H. ABRAHAM...T	Physique	L. JOLEAUD.....	Paléontologie.
E. CARTAN....T	Géométrie supérieure.	ROBERT-LÉVY...	Zoologie.
M. MOLLIARD. T	Physiologie végétale.	H. MOUTON.....	Chimie physique.
L. LAPICQUE...T	Physiologie générale.	F. PICARD.....	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
E. VESSIOT...T	Théorie des fonctions et théorie des transformations.	Henri VILLAT. T	Mécanique des fluides et applications.
A. COTTON....T	Physique.	Ch. JACOB....T	Géologie.
J. DRACH....T	Analyse supérieure.	P. PASCAL....T	Chimie minérale.
Charles FABRY. T	Physique.	M. FRÉCHET...T	Calcul des Probabilités et Physique mathématique.
Charles PÉREZ. T	Zoologie.	E. ESCLANGON. T	Astronomie.
Léon BERTRAND. T	Géologie structurale et géologie appliquée.	M ^m RAMART-LUCAS...	Chimie organique
É. BLAISE....T	Chimie organique.	H. BÉGHIN...T	Mécanique physique et expérimentale.
R. LESPIEAU...T	Théories chimiques.	FOCH.....	Mécanique expérimentale des fluides.
P. PORTIER...T	Physiologie comparée.	PAUTHENIER...	Physique (P. C. N.).
E. RABAUD...T	Biologie expérimentale.	De BROGLIE...T	Théories physiques.
PA. DANGEARDT	Botanique.	CHRÉTIEN.....	Optique appliquée
V. AUGER....T	Chimie appliquée.	P. JOB.....	Chimie générale.
M. GUICHARD...	Chimie minérale.	LABROUSTE.....	Physique du Globe.
Paul MONTEL...T	Mécanique rationnel.	PRENANT.....	Zoologie.
P. WINTREBERT	Anatomie et histologie comparées.	VILLEY.....	Mécanique physique et expérimentale.
L. BLARINGHEMT	Botanique.	BOHN.....	Zoologie. (P. C. N.).
O. DUBOSQ...T	Biologie maritime.	COMBES.....	Sciences nat. (P. C. N.)
G. JULIA.....T	Mécanique analytique.	GARNIER.....	Mécanique rationnelle.
C. MAUGUIN...T	Minéralogie.	PÉRÈS.....	Mécanique des fluides.
A. MICHEL-LÉVY.	Pétrographie.	HACKSPILL.....	Chimie (P. C. N.)
H. BÉNARD...T	Mécanique expérimentale des fluides.	LAUGIER.....	Physiologie générale.
A. DENJOY...T	Calcul différentiel et calcul intégral	TOUSSAINT.....	Technique Aéronaut.
L. LUTAUD...T	Géographie physique et géologie dynamique.	M. CURIE.....	Physique (P. C. N.)
		G. RIBAUD...T	Hautes températures.

Secrétaire A. PACAUD.
Secrétaire honoraire... D. TOMBECK.



A mon Maître

M. MARIN MOLLIARD,

Membre de l'Institut,

Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Paris,

Professeur de Physiologie végétale à la Sorbonne.

Hommage d'affectueux respect.

A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE,

*enlevée à mon affection pendant l'impression
de ce travail, me laissant le souvenir d'une
vie d'amour et de dévouement.*

A MON PÈRE,

Le Docteur A. GARNIER,

Médecin Général des Troupes coloniales,

qui, seul, sait tout ce que je lui dois.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MA FEMME,

A MON FRÈRE,

Le Docteur Charles GARNIER
Ancien Chef de Clinique chirurgicale à la Faculté.

A MON AMI,

Hector LAISNÉ

INFLUENCE DE L'ÉTIREMENT

SUR LES CELLULES VÉGÉTALES

par M. Gabriel GARNIER

INTRODUCTION

Les phénomènes de traction de tissus, pouvant aller jusqu'à étirement des cellules, existent fréquemment chez les végétaux et ont été signalés dans la littérature botanique, le plus souvent dans des tissus normaux, mais aussi, quelquefois, dans des tissus pathologiques ; ces phénomènes d'étirement passif sont suivis souvent de divisions cellulaires. Ces recherches ont pour but d'étudier quelques-uns de ces phénomènes d'étirement, d'abord dans des tissus normaux, puis dans des tissus pathologiques (galles), et enfin, d'essayer expérimentalement de les supprimer ou de les provoquer ; chaque fois que nous en aurons l'occasion, nous tenterons de dégager l'influence de l'étirement sur la forme des cellules, leurs divisions et le sens de ces dernières. Dans la partie expérimentale, nous serons amenés à parler de l'influence de la pression sur les divisions cellulaires.

Notre travail sera divisé en trois parties, chacune commençant par un historique.

Ces recherches ont été faites en partie au laboratoire de Biologie Végétale de Fontainebleau, en partie au laboratoire de Physiologie Végétale de la Faculté des Sciences de Paris.

Avant de commencer cet exposé nous sommes heureux d'exprimer à M. le professeur MOLLIARD notre reconnaissance respectueuse pour la bienveillance qu'il nous a témoignée. Nous avons toujours reçu de lui les conseils dont nous avons besoin et les encouragements

qui nous étaient nécessaires. Il a su de plus, en maintes circonstances, gagner notre affection.

Nous prions MM. L. BLARINGHEM, membre de l'Institut, et R. COMBES, professeur à la Sorbonne, d'accepter nos remerciements pour les encouragements ou les conseils qu'ils nous ont donnés.

Que M. MICHEL-DURAND, Directeur-adjoint du laboratoire de Biologie Végétale de Fontainebleau, veuille bien trouver, ici, le témoignage de notre gratitude pour l'accueil des plus cordiaux qu'il nous a toujours réservé dans son laboratoire.

M. A. CRÉPIN, chef des Travaux pratiques de Physiologie Végétale à la Faculté des Sciences, nous guida dans nos premiers pas avec amabilité et fit tout ce qui dépendait de lui pour faciliter nos recherches. Nous le prions de croire à notre vive reconnaissance.

Nous tenons beaucoup à remercier également M. S. BUCHET, Assistant au Laboratoire de Botanique, qui nous fit profiter très souvent de ses nombreuses connaissances et qui nous montra toujours de la sympathie.

Que notre ami, Robert ECHEVIN, Assistant au Laboratoire de Physiologie Végétale à la Sorbonne, trouve aussi ici nos remerciements pour les conseils qu'il nous a donnés. Son amitié, qui n'a jamais été mise en défaut, nous fut souvent précieuse par les encouragements qu'elle nous a prodigués au cours de nos recherches.

Mlle Suzanne BOUTHIAUX mit généreusement à notre disposition ses heures de liberté et nous rendit de grands services ces derniers mois ; nous l'en remercions particulièrement.

Nous remercions également notre camarade de Fontainebleau M. QUENDIAC à qui nous devons la photographie n° 7 de notre planche XIII et dont l'amabilité et la complaisance nous épargnèrent souvent des fatigues.

Nous adressons l'expression de notre reconnaissance au Conseil d'Administration de la Caisse des Recherches scientifiques qui nous attribua une subvention grâce à laquelle nous avons pu illustrer ce mémoire.

PREMIÈRE PARTIE

L'ÉTIREMENT DANS LES TISSUS NORMAUX

Dans cette partie, nous signalerons un certain nombre de cas où des étirements passifs de cellules et, s'il y a lieu, leur influence sur les divisions cellulaires ont été décrits, afin de bien montrer que ces étirements sont assez fréquents, puis, nous étudierons plus en détail un de ces cas.

I

Historique.

W. HOFMEISTER [122, p. 272] [123, pp. 127-132] (1) remarque que la disposition des parois de séparation nouvellement formées est déterminée par la croissance précédente des cellules. La paroi de séparation se forme perpendiculairement à la direction de la croissance la plus forte des cellules (mais pas forcément perpendiculairement au plus grand diamètre).

Thallophytes. — N. WILLE en 1889 et en 1897 [309] [310] décrit des phénomènes d'étirement chez des algues brunes ; notamment à propos d'*Alaria esculenta* il dit que certaines cellules se trouvent étirées dans un sens, tandis que leur diamètre diminue dans l'autre, comme un « tuyau de caoutchouc tendu ».

E. KÜSTER [156], [161] décrit dans la paroi des flotteurs de *Cystoseira* des cellules étirées, parallèlement à la périphérie, par suite d'une traction exercée sur elles au moment du développement. Cette croissance passive est très nettement prouvée par des cellules

(1) Les chiffres gras entre crochets renvoient à l'index bibliographique placé à la fin de ce mémoire.

ayant une forme de cornue de verre étirée à la flamme. Certaines de ces cellules, qui s'étaient allongées dans la direction de la traction, présentent un étranglement vers le milieu et dans ces parties étroites on rencontre une paroi transversale. Dans certains cas la traction mécanique a provoqué une séparation des deux moitiés de cellule ; les deux parties laissent voir encore, d'ailleurs, les pointes effilées des cornues. Les figures qu'il donne dans son mémoire (pl. VI) sont très démonstratives. E. KUSTER décrit aussi des cellules analogues dans d'autres algues.

K. KILLIAN [138] décrit chez les Laminaires, notamment chez *Laminara digitata*, des déformations des liaisons transversales du réseau cellulaire dues à des tiraillements provoqués par l'élargissement de la feuille (« Tompetenzellen ») (voir les figures 16 à 20 de cet auteur).

Cryptogames vasculaires. — C. MÜLLER, en 1888 [193], dit que les parties périphériques des gaines dentelées d'*Equisetum* sont formées de cellules qui relient les sommets de deux dents de feuilles voisines à travers la commissure médiane en forme de courbe ; les cellules sont étirées dans la direction de cette courbure. Cette disposition serait provoquée par une croissance active des pointes des feuilles tandis que la croissance des cellules qui sont dans le creux n'atteindrait que difficilement la même intensité. Ces dernières cellules sont donc soumises à une traction. Ces explications n'ont pas été confirmées par S. SCHWENDENER [274] ni par H. C. SCHELLENBERG [253].

Phanérogames. — DUHAMEL du MONCEAU [53], en fendant des cylindres de bois en 1764, met en évidence la contraction de tissus périphériques, ce qui prouverait l'existence de tensions dans ces régions.

MIRBEL en 1816 [180] dit que la partie la plus externe de l'écorce de la tige, ne pouvant pas prendre d'accroissement, se fend et se déchire ; il ajoute qu'elle seule est soumise à une traction mécanique et que, les autres parties de l'écorce tendant à s'élargir, l'écorce s'accroît de ce fait en « ampleur ».

DUMORTIER [54] en 1832 voit apparaître sur des tiges une courbure se produisant du côté opposé à celui dont l'écorce a été enlevée.

En 1835, H. JOHNSON, en fendant longitudinalement des tiges,

observe [131] que les segments se recourbent vers l'extérieur. H. V. MOHL [185, p. 144], S. RATCHINSKY [235] et J. SACHS [251] confirment cette observation.

H. DUTROCHET [55] [56] montre qu'il est nécessaire que l'écorce s'accroisse pour faire place aux nouvelles couches de liber et d'aubier. Il écrit notamment [56, p. 161] que le développement en ampleur des couches est d'autant plus grand qu'elles sont plus sollicitées à s'élargir par le développement en épaisseur des couches sous-jacentes ; en sorte que ce sont les couches les plus extérieures qui se développent le plus en ampleur. Il paraîtrait par là que ce développement en ampleur serait favorisé, et même exclusivement sollicité, par la distension qu'éprouve le tissu de chaque couche du fait du développement en épaisseur des couches sous-jacentes.

HUGO von MOHL [183, p. 135] signale quelques cellules étirées dans la tige des Palmiers.

G. HARTING [103] et A. de BARY [7] montrent que chez un certain nombre de tiges à moelle creuse, la déchirure de cette dernière est provoquée par la croissance tangentielle.

M. J. SCHLEIDEN [257] mentionne l'existence de tensions que l'on peut mettre en évidence en interrompant la continuité des parties (par exemple en fendant la tige de *Taraxacum*).

HUGO von MOHL [184] en étudiant la cuticule de *Viscum album*, constate que comme conséquence du grossissement des entre-nœuds, les cellules de l'épiderme se divisent, en vieillissant, par des parois radiales. Cet auteur représente de ces cellules [184, pl. IX, fig. 5 et 6] qui sont d'ailleurs facilement reconnaissables, parce que les parois transversales secondaires sont minces et que les nouvelles couches cuticulaires formées par les jeunes cellules sont à l'intérieur des couches cuticulaires primitives qui, elles, s'étendent sur toute la longueur des cellules-mères. Nous reviendrons, plus loin, sur ce cas.

J. V. HANSTEIN [98], en 1853, parle d'allongement et de multiplication, dans la direction périphérique, des cellules de l'écorce primaire, pour permettre au tronc de continuer à s'accroître : l'épiderme se déchire lorsqu'il ne peut plus suivre la croissance du tronc.

A. TRÉCUL [292], en 1854, explique la formation de lacunes

dans le rhizome de *Nelumbium codophyllum* par des déchirures de parenchyme.

F. UNGER [295] suppose que les « canaux aérifères » d'un certain nombre de tiges sont formés par déchirures.

W. HOFMEISTER [119] [121] sépare les différents tissus d'un organe et observe des raccourcissements qui prouvent que ces tissus étaient étirés préalablement. Il est même quelquefois nécessaire d'employer de fortes tractions pour ramener des bandes de tissus à leur longueur primitive [120, p. 151] ou inversement (MÜLLER) [195, pp. 52-53].

G. KRAUS [152] [153], remarque, chez *Helianthus* ou *Dahlia* par exemple, que si l'on mesure du haut en bas de la tige la largeur des cellules épidermiques et corticales, on trouve que celle-ci augmente lentement d'une façon continue, jusqu'au maximum de tension, déterminant alors la production de jeunes parois de séparation radiales (la largeur des cellules mères s'étant augmentée d'une façon anormale).

A. B. FRANK [68] écrit en 1868 que, pendant la formation de l'espace libre de la moelle de la tige de *Taraxacum officinale*, il se produit des déchirures provoquées par l'augmentation de volume de la tige.

Pour H. W. P. RAUWENHOFF [236] l'accroissement du tronc détermine généralement un développement des cellules du liège, principalement dans la direction périphérique, afin de continuer à embrasser la circonférence agrandie ; dans ce cas, les modifications qu'on rencontre sont d'autant plus considérables que les parois des cellules sont plus minces et plus extensibles.

J. SACHS [252] écrit qu'il est facile de reconnaître, au microscope, la traction que les cellules de l'épiderme et de l'écorce primaire subissent du fait de la tension, en observant de jeunes entre-nœuds chez des plantes à épaississement rapide (*Helianthus*). « On voit (fig. 56 de son ouvrage) que les cellules ont été étirées violemment dans le sens de la périphérie, ensuite de quoi elles se sont fortement accrues en direction tangentielle ; ainsi transformées, ces cellules se sont cloisonnées par des parois radiales. » On savait d'ailleurs déjà que si l'on fend longitudinalement un disque d'une tige li-

gneuse, on voit les couches de tissus concentriques se contracter d'autant plus qu'elles sont plus rapprochées de la périphérie.

R. MÜLLER [197] signale, dans l'épiderme du Gui et dans l'écorce primaire de plusieurs arbres, des étirements tangentiels suivis, quelquefois, de divisions cellulaires, les parois secondaires étant reconnaissables à leur finesse.

J. VESQUE [297] en 1875, à propos des épidermes persistants, parle des divisions radiales des cellules de ces épidermes qui ramènent les dimensions des cellules à des grandeurs plus convenables pour l'accomplissement des fonctions vitales ; la longueur des cellules-mères serait proportionnelle au nombre des cellules-filles auxquelles elles donnent naissance.

A. deBARY [7, pp. 550-551] relève que, chez beaucoup de plantes, l'épiderme persiste pendant de nombreuses années et suit la croissance en épaisseur de la tige par une croissance tangentielle de ses cellules et que ces dernières se cloisonnent par des parois radiales au fur et à mesure qu'elles deviennent plus grandes dans le sens du périmètre.

E. DETLEFSEN [39], étudiant la croissance en épaisseur des organes cylindriques, parle d'étirement des tissus périphériques.

G. KRABBE [149] [150] étudie la pression et la tension de l'écorce et montre que la pression de l'écorce n'augmente pas sensiblement pendant la période de croissance et que la tension tangentielle de l'écorce des troncs et des branches qui ont poussé excentriquement est plus forte du côté du plus grand rayon que de l'autre côté : le rapport de la tension de l'écorce du côté de la croissance maxima à la tension de l'écorce du côté de la croissance minima varie de $\frac{4}{3}$ à $\frac{5}{4}$.

En 1883, O. WARBURG [302] montre que, du fait de la croissance violemment active de tissus voisins des vaisseaux, ceux-ci sont déchirés et les épaisissements des membranes peuvent être étirés et déformés (voir ses figures 8 et 7 pour *Beta vulgaris* et *Cycas revoluta*).

E. STAHL [282, p. 195] rapporte à l'influence mécanique de la traction la forme des cellules du mésophylle étirées parallèlement au niveau supérieur des feuilles héliophobes (d'après lui, il faudrait rechercher le tissu actif, probablement, dans les nervures).

De même, d'après E. HEINRICHER [107], des déplacements dans

l'orientation des cellules assimilatrices peuvent être provoqués, en grande partie, d'une manière passive, par la croissance d'autres éléments du tissu de la feuille.

G. HABERLANDT [92] [95] trouve des résultats analogues.

M. THOUVENIN [289] écrit que, pour suivre l'accroissement du cylindre central, les cellules du parenchyme cortical se divisent par des cloisons radiales et que, lorsque l'accroissement de ce dernier n'est plus en rapport avec celui du cylindre central, on voit des lacunes se former dans l'écorce ainsi distendue.

D'après P. VUILLEMIN [301, p. 63], quand l'écorce s'accroît, les assises les plus externes doivent se distendre plus que les autres, l'augmentation de surface, sur une coupe transversale, d'une assise externe par rapport à une autre plus interne étant :

$$S - s = 2 \pi (a^2 + at)$$

a étant l'épaisseur des assises et t la distance séparant les deux assises.

O. MARKFELDT [176] dit que les éléments des traces des feuilles persistantes sont tendus et déchirés pendant les périodes végétatives qui suivent celle de leur formation.

A. W. EICHLER [58] signale quelques cellules étirées dans la tige de *Cocos flexuosa*.

Pour J. HÉRAIL [109, p. 42], le parenchyme cortical de *Phytolacca dioica*, pour suivre l'accroissement en épaisseur du cylindre central, se cloisonne, et l'on peut observer jusqu'à trois cloisons radiales dans certaines cellules. Ces cellules corticales, très allongées tangentiellement avec de nombreuses divisions radiales, avaient déjà été décrites par REGNAULT en 1860 [238, p. 140, pl. IX, fig. 2].

H. ROSS [245], étudiant le périoderme chez *Casuarina*, constate qu'il s'étend en rapport avec la croissance en épaisseur de l'organe par des divisions radiales des cellules du phellogène.

M. KÖPPEN, en 1889 [147], pense que la pression et la traction peuvent agir sur la cellule en modifiant sa direction et sa forme, et agit aussi, comme excitation, en provoquant sa croissance et sa multiplication.

H. DOULIOT [48] signale, chez un certain nombre de plantes, l'allongement tangentiel des cellules de l'écorce ou de l'épiderme et les divisions radiales consécutives.

H. SCHENCK, en 1889 [254], montre, dans les racines aériennes de *Laguncularia racemosa*, que les rayons médullaires du phloème se séparent latéralement, par ci, par là, des cellules voisines, sans que cesse, pour cela, la liaison des cellules. Comme le phloème croît fortement, les parties tangentielle les plus externes sont tendues très fortement. Cette tension tangentielle continuant à agir, les membranes sont étirées comme des tubes de verre qui seraient effilés au-dessus d'une flamme et se déchirent ; si la déchirure n'a pas lieu il se produit alors des divisions cellulaires. Il se forme ainsi des « fils » formés de plusieurs cellules qui assurent la liaison tangentielle des rayons médullaires du phloème avec les cellules parenchymateuses voisines (la fig. 6 de la planche 3 de l'article en question est tout-à-fait caractéristique).

E. STRASBURGER [285, p. 115] trouve dans les trachéides des rameaux courts des changements analogues à ceux observés par O. MARKFELDT [176] pour les traces foliaires.

H. KLEBAHN [140, p. 131] cite, également, des déchirures des vaisseaux dans les tissus sous-corticaux de racine d'*Elaphroxylon*.

H. SCHENCK [255] [256] décrit des fractionnements de bois secondaire. Dans la tige de *Mendoncia Velloziana*, un étirement tangentiel, provoqué par les nouvelles formations du cambium, détermine des ruptures longitudinales, dirigées suivant des rayons, et l'anneau du bois se fractionne en quatre morceaux. De plus, la tension, agissant en excitant les cellules médullaires périphériques, provoque leur division.

L. FLOT [64, p. 72] signale l'étirement de quelques cellules dans la tige de *Phytolacca dioica*.

H. MICHEELS [178] [179] cite à plusieurs reprises des cellules étirées chez différents Palmiers.

OLGA TCHOUPROFF [287] décrit en 1897 les procédés du fractionnement des corps ligneux de *Mendoncia Schombargkiana* qui se produit par la pénétration des tissus vivants dans les régions du bois distendues et affaiblies.

F. KUHLE [163] parle d'une croissance ultérieure des cellules phellodermiques consécutive à l'activité du cambium et pouvant être considérée comme une croissance passive.

L.-J. LÉGER [169, p. 73] décrit, dans le *Dahlia*, un étirement

des anciennes cellules du liber provoqué par l'accroissement des autres éléments du liber.

En 1898 E. SCHWABACH [269] observe l'éclatement de l'anneau mécanique dans le tronc de quelques espèces d'*Aristolochia*, *Paullinia*, *Capana*, *Akebia* et *Schasmanthera*, mais ne parle pas de l'influence de la traction sur la formation des parois radiales.

A. NATHANSOHN [198] décrit une rupture des trachéides spiralées dans la croissance en longueur de la tige. Souvent, cette rupture ne se produit que lorsque la paroi de la cellule a été étirée pendant un certain temps, d'abord par suite de son activité propre, puis, après la mort de la cellule, par une extension passive.

EBERHARDT [57], étudiant les modifications de l'écorce primaire, décrit, selon les assises, un allongement tangentiel des cellules suivi de cloisons radiales, ou un aplatissement suivi de séparation et de formation de lacunes, mais ne parle pas d'étirement.

J. PITARD, en 1899, dans sa thèse de Doctorat ès-Sciences sur les pédicelles floraux et fructifères [219] signale chez un grand nombre de plantes, du fait de l'augmentation du cylindre central, des tractions tangentielles de l'épiderme et de l'écorce ; dans cette dernière, cet étirement tangentiel est suivi, généralement, de cloisonnements nombreux délimitant, dans la grande cellule initiale, une quantité plus ou moins grande de petites cellules à membranes plus minces. Ces membranes sont, généralement, orientées dans le sens radial ; mais, par suite de l'inégalité des tractions latérales et de l'extensibilité variable des nouvelles cellules, ces cloisons prennent, souvent, une direction plus ou moins oblique. Les éléments corticaux se sont quelquefois aplatis sous l'effort de ces tractions.

En 1900, H. VÖCHTING [298] dit, à propos de la croissance de l'écorce des tubercules, que les premières parois sont dirigées radialement en rapport avec l'extension tangentielle. Il décrit, également, l'éclatement de l'anneau mécanique dans les tiges volubiles de *Boussingaultia baselloïdes*.

H. DEVAUX [41], en 1900, décrit des phénomènes d'étirement dans les lenticelles. En 1901 [42] il étudie l'accroissement tangentiel des tissus situés à l'extérieur du cambium. Il explique que ces cellules doivent ou se rompre ou s'accroître tangentiellement. Il montre cet accroissement accompagné de cloisonnements radiaux (dans le

collenchyme) ; les régions fortement différenciées du péricycle ou du liber, celles plus ou moins incapables de s'accroître, restent comme des enclaves et l'accroissement est d'autant plus considérable dans les régions intermédiaires où les cloisonnements sont fréquents. Le parenchyme libérien s'accroît peu, mais son accroissement propre, combiné avec celui du parenchyme péricyclique, peut amener une rupture des faisceaux péricycliques.

J. PITARD, dans une série d'articles [219] [220] [221] [222] [223] [224] [225] [226], et surtout dans sa thèse de pharmacie, en 1901 [227], décrit, avec beaucoup de détails, l'évolution du péricycle des Angiospermes. Du fait de la croissance des tiges, cette zone est soumise à des tractions tangentielles très fortes ; il en résulte certaines modifications : accroissement et cloisonnement cellulaires (ce système d'évolution est réservé au parenchyme cellulosique) ; rupture ou fracture des régions sclérifiées (fibres ou parenchymes) ; étirement ou aplatissement (l'aplatissement n'intéresse généralement que des éléments fibreux ou parenchymateux non susceptibles d'accroissement, tandis que l'étirement affectera plutôt les régions situées entre ces îlots). L'étirement diminue la dimension radiale des cellules et accroît leur diamètre tangentiel, mais il est sans influence sur leur existence ; tandis que l'aplatissement, capable d'oblitérer leur cavité, est incompatible avec leur vie. Passant, ensuite, à l'influence du péricycle sur les tissus voisins, J. PITARD remarque qu'en face des cassures, l'écorce s'accroît d'une manière considérable, tandis que les éléments voisins demeurent bien plus étroits, et, si cette écorce est peu épaisse, cette différence d'accroissement est encore manifeste pour les cellules épidermiques. Si la fragmentation de la région péricyclique se fait simultanément en des points très nombreux, l'écorce présente un accroissement, toujours local, en face des points de rupture ; mais, ces points étant très nombreux, le parenchyme cortical semble évoluer d'une manière homogène. Enfin, J. PITARD signale que le plus souvent les sclérites sont très étirés tangentiellement, par suite de la croissance du cylindre central.

Les mesures des cellules de la tige de *Phoenix reclinata* données par M. BARSICKOW [6, p. 221 Tabelle A] amènent J. C. SCHOUTE [260, p. 200] à conclure qu'il apparaît un étirement tangentiel des cellules de l'écorce dans l'épaississement de la base de ces tiges.

O. DAMM [33], en 1901, étudie l'épiderme persistant des Dicotylédones et notamment de *Viscum album* ; il montre que les cellules épidermiques, par suite de l'accroissement en épaisseur des entrenœuds, s'étirent tangentiellement. La forme bombée des parois externes de ces cellules disparaît selon le degré de l'étirement. En comparant les diamètres tangentiels des cellules de deux tiges ayant respectivement 4 mm. et 2 mm. 5 d'épaisseur, il trouve que ces diamètres mesurent respectivement 64 et 38 μ , c'est-à-dire que le diamètre tangentiel des cellules épidermiques est proportionnel à l'épaisseur des entrenœuds. Dans les entrenœuds plus âgés, ces cellules étirées ont des dimensions très grandes (130 μ) et les cellules se divisent plusieurs fois. Du fait de l'étirement, le diamètre radial diminue. Les jeunes cellules sont reconnaissables à leur position et à la disposition des couches cuticulaires.

Hélène KRÄNZLIN [151] signale des cellules étirées chez *Euterpe oleracea*, mais ne dit pas si elles l'ont été passivement.

E. STRASBURGER [286] mesure dans le tissu fondamental des tiges de *Washingtonia filifera* des cellules elliptiques étirées.

S. SCHWENDENER dans des conférences publiées par C. HOLTERMANN en 1909, [275, p. 103], en parlant des recherches de son élève G. KRABBE [149] [150] souligne le fait que la tension tangentielle de l'écorce augmente avec l'accroissement en épaisseur du bois (tant qu'elle ne subit pas de transformations importantes), mais que la pression de l'écorce n'augmente pas sensiblement.

J. C. SHOUTE, en 1912, dans un gros travail de plus de 200 pages [260] rapporte, avec précision, à des tractions mécaniques, l'étirement qu'éprouvent l'épiderme et les cellules parenchymateuses du tissu fondamental du tronc des palmiers pendant leur croissance en largeur. Il décrit la forme des cellules, et donne des dimensions.

En 1923 K. von TUBEUF publie, sur le Gui, un livre volumineux [293] : il signale de nouveau l'étirement tangentiel, non seulement de l'épiderme, mais, aussi, du parenchyme cortical.

A. GRAVIS, en 1926 [84], dit que les cellules du parenchyme cortical des racines sont passivement étirées, par le fait du transfert des cellules dans des zones de plus en plus extérieures et dont la circonférence devient de plus en plus grande.

K. LINSBAUER [172] dans une monographie consacrée unique-

ment à l'épiderme, cite, de nouveau, cet étirement tangentiel et les divisions radiales consécutives et renvoie aux auteurs antérieurs.

F. WEYEL [306, p. 38], étudiant la formation du périderme chez les racines officinales, signale que les cellules des couches les plus externes de l'écorce secondaire, à parois épaisses et collenchymateuses, de *Radix Senegae* sont fortement tendues par une traction tangentielle. Des parois radiales plus minces, formées ultérieurement, se placent perpendiculairement aux parois cellulaires primitives et sont facilement reconnaissables (voir sa fig. XVIII).

Nous n'avons pas épuisé la littérature botanique et il serait possible de trouver encore de nombreux exemples où ces phénomènes de traction, se produisant par la croissance normale de tissus, ont été signalés, bien que tous les auteurs ne rapportent pas toujours à la traction où à l'étirement la cause des divisions cellulaires. Nous nous sommes contenté de prendre un certain nombre d'exemples dans des organes variés autant que possible. Nous n'avons cité, ici, que des phénomènes de traction ou d'étirement produits par le jeu normal de la croissance de tissus environnants. Nous citerons, dans les chapitres qui suivront, les cas pathologiques et expérimentaux et nous envisagerons, à propos de ces derniers, les « expériences » produites par la nature elle-même avec des forces extérieures à la plante.

Nous allons, maintenant, étudier, avec plus de détails, un cas normal (bien qu'il ait été, en partie, étudié par d'autres), parce qu'il est très caractéristique : il s'agit des cellules de l'épiderme de *Viscum album*.

Nous n'avons rien de particulier à dire concernant les procédés de technique employés pour les coupes. Les matériaux, fixés, ont été coupés, chaque fois que cela a été possible, après inclusion dans la paraffine. Nous avons essayé avec succès plusieurs dissolvants ; mais, celui qui nous semble être le meilleur est le salicylate de méthyle préconisé par F. GUÉGUEN [88] pour les objets durs à inclure ; nous avons cependant simplifié un peu la technique de ce dernier, en supprimant quelques passages intermédiaires, nos matériaux nous permettant de le faire.

II

Tige de *Viscum album* L.

Nous ne décrivons pas la structure anatomique de la tige de cette plante qui a déjà été étudiée ou représentée par de nombreux auteurs : DECAISNE [35], MOHL [184], de BARY [7], BAILLON [2], CHATIN [28], SOLEREDER [277], DAMM [33], WETTSTEIN [305], TUBEUF [293].

Nous rappellerons, simplement, que la paroi externe des cellules épidermiques s'épaissit beaucoup avec l'âge ; il se forme continuellement à l'intérieur de la cuticule de nombreuses couches cuticulaires (DIPPEL [47], MOHL [184]).

Pendant un certain temps, l'épiderme suit la croissance en épaisseur de l'entre-nœud par un étirement tangentiel. Puis, lorsque toutes, ou du moins la plupart des cellules, ont atteint un certain degré d'étirement, il se fait quelques divisions radiales, assez peu régulièrement, de sorte que l'on voit, les unes à côté des autres, des cellules primitives non divisées et des cellules une ou plusieurs fois divisées. Ces cellules filles seront, à leur tour, étirées et se diviseront de nouveau. Le plus sûr critérium, pour ces divisions radiales, est le développement des couches cuticulaires. Si on les rend visibles on peut voir comment les couches externes surtendent deux ou plusieurs cellules, tandis que les couches internes toujours une seule (O. DAMM [33]).

O. DAMM, comparant les cellules épidermiques d'entre-nœuds de 2 mm, 5 et de 4 mm. d'épaisseur, dit que le diamètre tangentiel des cellules épidermiques est proportionnel à l'épaisseur. Pour caractériser l'étirement d'une cellule nous préférons prendre le rapport $\frac{T}{R}$ du diamètre tangentiel au diamètre radial, car, une cellule peut très bien avoir un grand diamètre tangentiel sans être pour cela étirée ; une grosse cellule arrondie n'est pas étirée et peut avoir un diamètre tangentiel plus grand qu'une cellule plus petite fortement étirée. Une cellule étirée montre en coupe un diamètre très développé et l'autre très réduit ; il nous semble donc préférable de prendre le rapport des diamètres ; plus ce rapport sera grand, plus la cellule sera étirée.

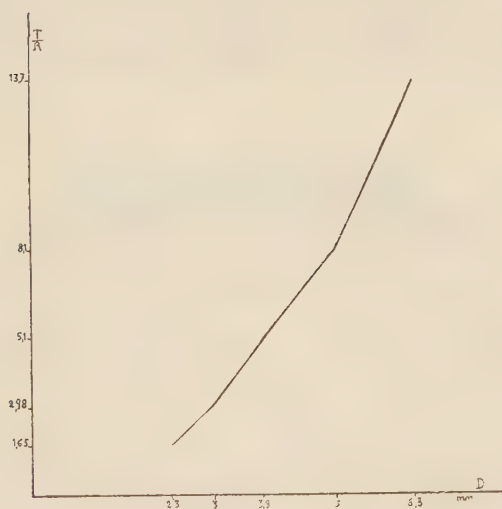


Fig. 1. — Courbe montrant les variations de l'étirement des cellules épidermiques de la tige du Gui en fonction du diamètre de la tige.

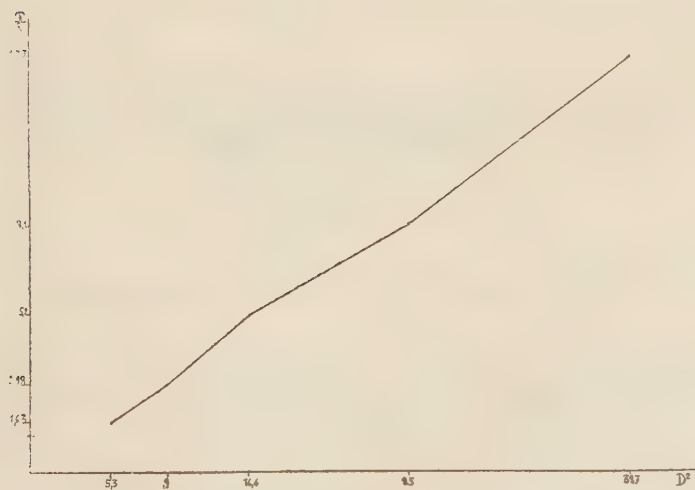


Fig. 2. — Courbe montrant les variations de l'étirement des cellules épidermiques de la tige du Gui en fonction du carré du diamètre de la tige.

De plus, il ne nous paraît pas nécessaire de considérer toutes les cellules épidermiques pour établir le rapport, car, au bout d'un certain temps, ces cellules se divisent, et bien que l'on puisse dans

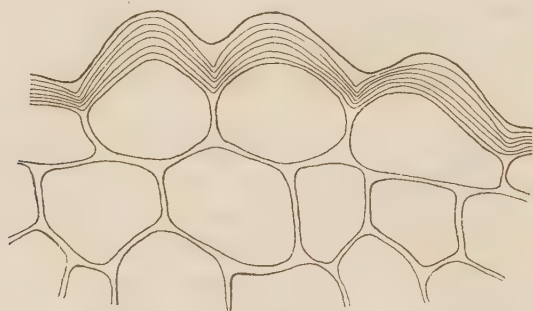


Fig. 3. — Cellules épidermiques d'une tige de Gui de 2,3mm. de diamètre, ($\times 355$)

un grand nombre de cas reconnaître ces divisions secondaires grâce aux couches cuticulaires, il n'est pas toujours possible d'affirmer que telle cellule n'appartient pas à la même cellule mère que ses voisines. Or, pour montrer l'étirement, nous sommes obligés de considérer les dimensions des cellules mères et non des cellules filles qui,

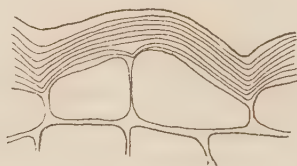


Fig. 4. — Cellules épidermiques d'une tige de Gui de 3 mm. de diamètre, ($\times 355$)

elles, ne s'étirent que plus tard. Nous préférons, donc, considérer le maximum d'étirement pour chaque entre-nœud et, pour cela, nous nous contenterons de faire la moyenne des rapports $\frac{T}{R}$ d'un certain nombre de cellules choisies parmi les plus étirées; par exemple, nous ne ferons la moyenne que des six ou sept cellules les plus étirées de chaque entre-nœud.

Nous avons considéré cinq entre-nœuds, que nous dénommerons dans l'ordre de leur diamètre croissant, A (2 mm. 3), B (3 mm.) C (3 mm. 8), D (5 mm.), E (6 mm. 3).



Fig. 5. — Cellules épidermiques d'une tige de Gui de 5 mm. de diamètre ($\times 355$)

Enfin, la paroi externe des cellules épidermiques augmentant considérablement avec l'âge, par formation de nouvelles couches cuticulaires, nous trouvons préférable d'utiliser pour établir le rapport $\frac{T}{R}$ les diamètres internes de la cellule, c'est-à-dire de la cavité cellulaire ; cette manière de faire est d'autant plus justifiée qu'une cel-

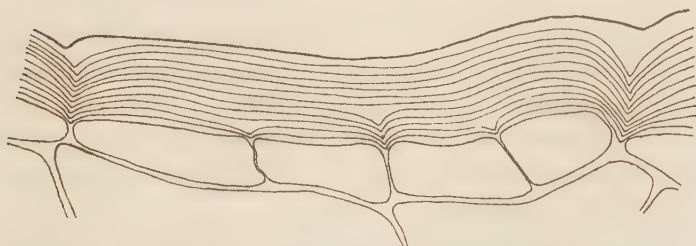


Fig. 6. — Cellules épidermiques d'une tige de Gui de 6,3mm. de diamètre ($\times 335$)

lule qui change de forme, par traction, modifie relativement peu l'épaisseur de ses parois en comparaison de celle de sa cavité.

Nous avons cherché s'il y avait une relation entre le rapport $\frac{T}{R}$ que nous pouvons appeler coefficient d'étirement, et le diamètre de la tige. En portant en abscisse le diamètre et en ordonnée le rapport

$\frac{T}{R}$ on a la courbe ci-contre (fig. 1)) qui a une allure parabolique ;

en effet $\frac{T}{R}$ a pour valeur :

Pour l'entre-nœud A :	1,63
— B :	2,98
— C :	5,2
— D :	8,1
— E :	13,7

ce qui indiquerait que l'étirement est proportionnel au carré du diamètre c'est-à-dire à la surface. Pour nous en assurer, construisons la courbe en portant en abscisse le carré du diamètre. La courbe est à peu près une droite (fig. 2), ce qui montre bien que l'étirement (maximum) est proportionnel à la surface.

Nous représentons dans la photographie 1 (pl. XIII) et dans les figures 3 à 6 dans le texte quelques cellules épidermiques appartenant à ces entre-nœuds différents ; la fig. 3 appartenant à l'entre-nœud A, la fig. 4 à l'entre-nœud B, le fig. 5 à l'entre-nœud D et la fig. 6 à l'entre-nœud E.

Dans la fig. 3, les cellules ne sont pas encore étirées et ont leur paroi externe en forme de voûte. Dans la fig. 4 une cellule un peu étirée vient de se diviser. Dans la fig. 5, une cellule qui s'était divisée après un premier étirement vient d'en subir un deuxième. Enfin, la fig. 6 représente une cellule qui s'est divisée une première fois, puis, les deux cellules filles, après avoir été étirées à leur tour, se sont divisées chacune en deux.

Nous avons, également, constaté dans l'écorce des étirements tangentiels avec divisions radiales dont nous ne parlerons pas ici pour ne pas allonger inutilement ce chapitre ; ces étirements, tout en étant importants, sont, d'ailleurs, moins caractéristiques que ceux de l'épiderme.

Nous voyons, par cet exemple, un cas normal d'étirement des cellules d'un tissu provoqué par la croissance d'autres tissus et nous observons nettement, ici, des divisions cellulaires consécutives à cet étirement.

Nous ne voulions, dans ce chapitre, que montrer un phénomène

net d'étirement normal avec divisions cellulaires consécutives, préférant porter notre attention sur les cas pathologiques et expérimentaux. Nous rencontrerons, d'ailleurs, dans ces derniers cas, d'autres phénomènes d'étirement normaux, en étudiant les tiges normales des témoins de nos expériences.

DEUXIÈME PARTIE

L'ÉTIREMENT DANS LES TISSUS PATHOLOGIQUES

I

Historique

Les phénomènes d'étirement dans les tissus pathologiques ont déjà été signalés par quelques chercheurs, mais il est probable que les cas doivent être beaucoup plus nombreux et que l'on pourrait expliquer par des tractions mécaniques dues à une différence de croissance des tissus la forme de beaucoup de cellules étirées. Sans vouloir épuiser la littérature pathologique qui est très vaste, nous nous contenterons de citer quelques exemples puis nous étudierons plus en détail trois cécidies.

LACAZE-DUTHIERS en 1853 [166, pp. 343-444], décrivant une cécidie du pétiole de la feuille du Peuplier d'Italie produite par un *Pemphigus*, dit que : « les faisceaux fibro-vasculaires... semblent avoir résisté au mouvement d'extension et d'allongement qui est la conséquence de l'augmentation de volume ; ils sont visibles sur la partie concave des courbures et apparaissent dans l'intérieur de la cavité comme des cordes tendues sous le tissu parenchymateux ».

E. PRILLIEUX décrit, en 1876, quelques galles de Chêne et, à propos de celle produite par *Andricus curvator*, écrit [231, p. 132] que la partie interne de la galle limitée par une sorte de noyau cesse de s'accroître tandis que la partie externe grandit beaucoup. Les cellules de la région moyenne « subissent par suite une traction très grande de dedans en dehors. Mais elles ne peuvent suivre le développement excessif de la zone extérieure ; elles se déchirent... »

M. KÜSTENMACHER [154] parle aussi de quelques phénomènes d'étirement dans des galles de Cynipides.

M. MOLLIARD, à propos de la cécidie produite sur *Daucus Carota* par *Asphondylia Umbellatarum*, dit que [181, p. 174, pl. 8 fig. 13] les vaisseaux ligneux... sont rassemblés par petits groupes séparés par du parenchyme ; que ce dernier « peut être formé par des cellules allongées qui rayonnent autour des vaisseaux et semblent avoir été étirées par l'écartement de ces vaisseaux ».

H. FOCKEU sans prononcer le mot d'étirement dit cependant [65, pp. 108-109] que, dans la galle de *Populus euphratica* produite par un Hémiptère, les cellules du parenchyme cortical « sont elliptiques dans la zone externe, avec leur grand axe parallèle à l'épiderme... » ; sa figure 38 nous donne tout à fait l'impression que ces cellules externes ont été étirées.

M. MOLLIARD [187, p. 216] écrit en 1899 à propos de la galle de l'*Aulax Papaveris* sur *Papaver dubium* : « La paroi du fruit obligée de suivre l'accroissement des tissus internes n'augmente pas le nombre de ses assises dans le sens de l'épaisseur, mais le nombre des cellules augmente tangentielllement et surtout les éléments sont fortement étirés dans ce sens ; alors que les cellules de la paroi du fruit normal sont à peu près iodiamétriques, celles de la galle sont 3 fois plus allongées parallèlement à la surface de la paroi que dans le sens radial ; on observe ici une accentuation d'un phénomène qui se produit normalement dans l'écorce de certaines tiges à accroissement secondaire. » Nous reviendrons sur cette galle quelques pages plus loin.

La même année, O. APPELL [1], étudiant la galle de *Hormomyia Fagi* sur le Hêtre, dit que les cellules situées à la partie interne et externe du bourrelet diffèrent des autres ; elles présentent une forme étroite et étirée donnant ainsi l'impression que les divisions ne se sont pas faites assez rapidement et qu'une extension passive de ces cellules a eu lieu.

G. HABERLANDT [94] provoque expérimentalement dans les feuilles de *Conocephalus ovalis* la formation d'hydatodes de remplacement ; la croissance exagérée des tissus amène des déchirures dans les cellules plus externes.

E. KÜSTER en 1902 [158, p. 71] et M. MOLLIARD en 1913 [188, p. 229-230] à propos de la galle produite par *Tetraneura Ulmi* sur les feuilles de l'Orme montrent que les cellules des tissus de la face inférieure de la feuille présentent un étirement tangentiel ;

les cellules deviennent longues, effilées, comme du verre étiré au-dessus d'une flamme et sont analogues à celles rencontrées dans les algues marines [156] dont nous avons déjà parlé. La croissance continuant, ces cellules finissent par se séparer les unes des autres. E. KÜSTER dans le même article [158, p. 74] dit à propos de la galle du pédoncule floral de *Jacquinia Schiedeana* que les pédoncules primitivement fins ont une croissance en épaisseur intense que leur épiderme ne peut pas suivre ; les cellules épidermiques sont de ce fait étirées jusqu'à ce que finalement elles soient déchirées.

C. HOUARD en 1903 [126, p. 238], à propos de la galle de *Lasioptera rubi* sur la tige de *Rubus fruticosus*, écrit que l'épiderme a des cellules plus larges et moins bombées que dans les tiges normales et que l'écorce n'ayant pu suivre l'accroissement de volume du cylindre central se fend suivant des lignes longitudinales.

En 1911 F. WEIDEL [303] dit que la galle de *Neuroterus numismalis* sur *Quercus* subit pendant l'hiver une forte croissance des éléments centraux principalement ; aussi l'épiderme s'est transformé comme si on l'avait étiré comme une bande de caoutchouc.

E. KÜSTER [160, p. 187] remarque que l'intensité de croissance des différentes couches de tissus des galles est très différente et peut causer une tension qui finalement amène des déchirures ; les galles de *Biorrhiza pallida* présentent souvent ces déchirures à leur surface.

O. GERTZ [77], d'après E. KÜSTER [161, p. 431], aurait attiré l'attention sur l'intensité de croissance faible qui caractérise les parties pâles des feuilles panachées par opposition aux parties vertes normales. Les parties pâles se développeraient donc parfois, sous des tensions de tractions importantes qui se traduiraient par la position des parois des cellules épidermiques parallèlement à la direction de la croissance. Le parcours des faisceaux de vaisseaux subirait, aussi, ces influences de traction dans les parties des feuilles où se produit un arrêt de croissance ; les mailles formées par ces faisceaux semblent se disposer radiairement autour du point où l'arrêt de croissance est le plus fort (F. V. RAND [232] d'après E. KÜSTER [161, p. 431]).

En 1928 [72] nous avons signalé sans l'étudier en détail un phénomène d'étirement dans la paroi supérieure du réceptacle de *Senecio Jacobaea* attaqué par *Stictodiplosis Jacobaeae*, étirement

pouvant aller jusqu'à la rupture de la dite paroi. Nous y reviendrons quelques lignes plus loin.

ZWEIGELT, en 1917 [319], et surtout dans un gros volume en 1931 [320], décrit, chez des galles d'Aphides, des phénomènes de croissance passive et d'étirement, notamment dans des cellules stomatiques.

Nous allons maintenant, après ce court aperçu historique, étudier, plus en détail, trois cécidies : une d'inflorescence, une de fruit et une de rhizome ; deux d'entre elles ne nous semblent pas avoir été étudiées par d'autres auteurs.

II

Cécidie produite par *Stictodiplosis Jacobaeae* H. Löw sur *Senecio Jacobaea* L.

Nous avons déjà étudié cette cécidie dans un travail antérieur [72]. Nous allons, ici, le résumer en insistant davantage sur l'étirement des cellules du réceptacle.

Cette cécidie a été décrite brièvement dans les catalogues de galles ou de cécidozoaires, notamment par KALTENBACH [132, p. 365, n° 38], KIEFFER [136, p. 96] [137, p. 509], KERTÉSZ [135, p. 94], HOUARD [127, t. II, p. 1009], ROSS [246, p. 271]. Nous nous contenterons de donner ici la description de C. HOUARD : « Capitule fortement gonflé et charnu, ordinairement teint de rouge à la base. Larves grégaires blanc jaunâtre vivant entre les fleurons (métamorphoses dans la terre). *Stictodiplosis Jacobaeae* H. Löw 5865.

L'étude anatomique de cette cécidie ne nous semble pas avoir été faite avant nous. Les matériaux que nous devons à l'obligeance de M. MOLLIARD, provenaient de Presles (Seine-et-Oise) où ils avaient été cueillis, à la fin de juillet, et fixés au Bouin. Ils ont été inclus dans la paraffine et les coupes ont été faites en série.

ETUDE A LA LOUPE :

Nous ne donnerons pas la description du Seneçon Jacobée normal qui se trouve dans toutes les flores. Nous n'insisterons que sur quelques détails. Les capitules sont généralement hauts de 6 à

10 mm., larges de 5 à 7 (dans leur partie moyenne). Leur base est nettement triangulaire.

Les capitules atteints sont plus gros, déformés. Leur largeur varie de 8 à 13 mm., elle est donc presque doublée. Leur hauteur, aussi, est plus grande (12 à 13 mm.). Leur base n'est plus triangulaire, le capitule est globuleux. Si nous le coupons longitudinalement,



Fig. 7. — Capitule sain de *Senecio Jacobaea* L. ($\times 8$ environ).

nous voyons que le réceptacle est creusé d'une cavité ayant la forme d'un cône allongé dans les exemplaires sains (fig. 7). Dans les capitules atteints, cette cavité est beaucoup plus grande et plus sphérique (fig. 8) ; sa paroi supérieure est très amincie et très étirée, du moins dans les exemplaires très gros, étirement pouvant amener une rupture de la paroi.

Entre les fleurons, se trouvent des larves de 1 mm. à 1 mm. 5 de long. Les fleurons sont pour la plupart très hypertrophiés et mor-

phologiquement bien constitués, sauf quelques-uns qui, dans les galles très évoluées, sont noirâtres et atrophés. Dans ces derniers cas, la paroi supérieure du réceptacle est généralement déchirée ou du moins très amincie ; les larves sont rares ou manquent complètement ;

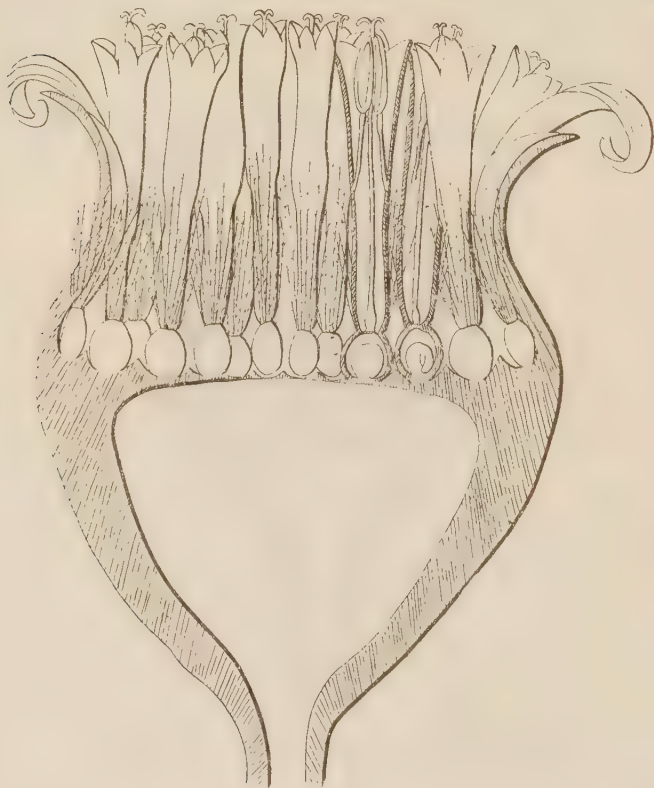


Fig. 8. — Capitule de *Senecio Jacobaea* L. attaqué par *Stictodiplosis Jacobaeae* H. Löw. ($\times 8$ environ).

il est probable qu'elles ont émigré vers la terre où elles doivent subir leurs métamorphoses [127]. Ces larves ont, en effet, un appareil sauteur appelé « *Spatula sternalis* » ; leur permettant d'atteindre le sol (GIARD [78]). Cette atrophie des fleurons qui, même dans les capitules les plus avancés, est relativement rare, par rapport aux

autres fleurons bien constitués et hypertrophiés, ne semble pas être une réaction caractéristique à l'attaque de l'insecte (réaction qui semble être plutôt une hypertrophie). Le voisinage immédiat des larves n'empêche pas les fleurons d'être bien développés tout en étant très hypertrophiés. Nous avons trouvé, en effet, des ovules fécondés avec embryon bien développés au voisinage d'une larve.

ETUDE MICROSCOPIQUE :

Nous renvoyons pour la description anatomique à notre mémoire antérieur, et pour la partie normale à l'article de GREEMANN [86]. Nous rappellerons simplement les conclusions.

Bractées.

Les bractées attaquées sont, suivant les endroits, deux à trois fois plus épaisses que les bractées normales. L'épaisseur des amas de fibres et des faisceaux augmente dans un rapport qui varie de 1,3 à 2,5, les tissus non mécaniques, parenchymateux ou autres, augmente dans un rapport variant de 2,2 à 4. Les noyaux sont également hypertrophiés, le rapport de leurs dimensions à celles des noyaux normaux variant de 1,75 à 2.

Dans les cellules chlorophylliennes des bractées ou des réceptacles attaqués, les chloroleucites sont un peu plus gros que dans les cellules normales, mais, beaucoup moins nombreux. Dans les capitules attaqués, les chloroleucites se trouvent en profondeur dans un plus grand nombre d'assises de cellules que dans les capitules normaux, ce qui pourrait s'expliquer par ce fait que, dans ces derniers, les chloroleucites étant en plus grand nombre et beaucoup plus serrées interceptent plus rapidement les radiations lumineuses.

Réceptacle.

Dans les capitules attaqués, la cavité du réceptacle est très agrandie, et sa largeur peut atteindre cinq fois la largeur normale; celle-ci, qui est généralement de 1 mm. ou un peu plus, atteint 4 ou 5 mm. dans les capitules attaqués.

Les cellules, dans les capitules attaqués, sont très hypertrophiées (deux à trois fois plus grandes). Nous avons signalé, dans notre mémoire antérieur, que le nombre des cellules ne nous paraiss-

sait pas augmenté et que nous n'avions pas trouvé de phénomènes d'hyperplasie. Nous tenons à rectifier, ici, une erreur. Ayant repris l'étude de ces réceptacles, nous avons constaté que si le nombre des cellules n'augmente pas dans le sens radial comme nous l'avions dit, par contre, nous avons trouvé dans les capitules très hypertrophiés un allongement des cellules dans le sens longitudinal avec des divisions radiales, du moins dans les régions externes. Cet allongement diminue, d'ailleurs, quand on se rapproche de la région supérieure du réceptacle où les cellules sont, au contraire, allongés horizontalement.

La paroi supérieure du réceptacle, formée de plusieurs assises de cellules dans les réceptacles normaux, est, dans les capitules attaqués, réduite à deux ou trois couches de cellules étirées; elle est, même, souvent déchirée. Nous reviendrons sur ce fait quelques lignes plus loin.

Fleurons.

La corolle est deux fois plus épaisse dans les capitules attaqués que dans les capitules normaux, les cellules sont hypertrophiées à peu près dans les mêmes proportions, le rapport de leurs dimensions avec celles des cellules normales variant de 1,4 à 3,6 suivant leurs places ou suivant les cas. Les étamines sont légèrement hypertrophiées et les grains de pollen paraissent normaux. Nous avons, cependant, signalé, dans certaines fleurs, une atrophie des étamines qui sont laminées, réduites à des staminodes. Dans quelques unes l'on voit des ébauches de sacs polliniques et des grains de pollen atrophiés, tout à fait semblables à ceux de *Geranium dissectum* attaqué par *Phytoptus Schlechtendali* et représentés par M. MOLLARD [186, pl. XIII, fig. 7].

Dans les coupes attaquées le style a la même structure que dans les coupes normales, mais, avec hypertrophie très grande. Il en est de même pour l'ovaire; ici, ce qui augmente le plus, c'est la paroi ovarienne et la cavité de l'ovaire. La paroi carpellaire augmente dans un rapport variant de 2,4 à 4 et la cavité de l'ovaire dans un rapport variant de 1,8 à 2,9 alors que l'ovule n'augmente que dans un rapport variant de 1,1 à 1,9. De même la largeur du cas embryonnaire n'augmente que dans le rapport 1,15. L'ovule ne remplit pas entièrement la cavité ovarienne. L'ovaire croît donc beaucoup plus

que l'ovule qui paraît normal. Dans certains capitules attaqués, nous avons trouvé plusieurs embryons bien développés dont quelques-uns au voisinage d'une larve, ce qui prouve que les fleurs attaquées ne sont pas stériles, du moins pour l'ovule ; nous ne pouvons pas affirmer que les étamines ne sont pas stériles, le pollen, ayant fécondé les sacs embryonnaires, peut en effet provenir de capitules sains, d'autant plus que dans les fleurs du genre *Senecio*, les anthères s'ouvrent avant que les stigmates soient nubiles ; le transport du pollen par les insectes est nécessaire pour la fécondation. Il y a tout lieu de croire cependant que les grains de pollen ne sont pas stériles (à part ceux qui sont atrophiés et dont nous avons déjà parlé).

Enfin, quelques fleurons présentent un ovaire très atrophié, presque informe ; ces ovaires appartiennent aux fleurs nécrosées dont nous avons déjà parlé.

Demi-fleurons.

Hypertrophie analogue à celle déjà décrite pour les fleurons.

Nous avons repris l'examen de la paroi supérieure du réceptacle et nous en avons fait deux clichés : l'un correspondant à un réceptacle normal (phot. n° 2, pl. XIII) et l'autre à un réceptacle attaqué (phot. n° 3, pl. XIII). Dans cette dernière photographie on voit l'agrandissement de la cavité ; il s'agit d'un réceptacle dont la paroi supérieure de la cavité s'est, du fait de cet agrandissement, trouvée fortement tendue et étirée et a fini par se rompre. On voit très bien la forme étirée des cellules. Les cellules de la paroi supérieure du réceptacle normal, à peu près isodiamétriques et dont le rapport des dimensions est voisin de 1, prennent, dans le réceptacle attaqué, une forme très étirée ; le rapport de leurs dimensions atteint facilement 5,2 ; 6 ; 11 et même 11,2. Dans certains cas, les cellules sont tellement étirées que l'on ne peut plus mesurer leur épaisseur ; la région présente, alors, un aspect presque feuilleté.

III

**Cécidie produite par *Aulax Papaveris* Perris
sur *Papaver dubium* L.**

Cette galle a été décrite ou étudiée très brièvement par différents auteurs : PERRIS [212], E. T. CONNOLD [31], J. REIJNVAAN and W. DOCTERS VAN-LEEUVEN [240], C. HOUARD [127, T.2, p. 439-440], W. MAGNUS [175, p. 33], H. ROSS [246]. Mais elle n'a été vraiment étudiée en détail que par M. MOLLIARD, soit pour elle-même soit en lui en comparant d'autres [187] [190] [191]. Ce dernier en a donné des figures (dessins et photographies) très précises qui se trouvent reproduites dans presque tous les traités de cécidiologie [127, t. II, p. 439] [160, p. 194] [161, p. 195] [162, p. 29].

Aussi nous jugeons tout à fait superflu de reprendre l'étude de cette galle. Nous rappellerons, simplement, que c'est une galle de fruit, que les œufs sont pondus par l'insecte à l'intérieur de la cavité ovarienne et déposés sur les lames placentaires, que leur action détermine une rapide hypertrophie de ces dernières qui arrivent au contact les unes des autres.

Nous avons déjà cité (page 30) tout un passage de M. MOLLIARD signalant que la paroi du fruit, obligée de suivre l'accroissement des tissus internes, n'augmente pas le nombre de ses assises dans le sens de l'épaisseur ; mais, que le nombre des cellules augmente tangentiellement et que les éléments sont surtout fortement étirés dans ce sens. (Souvent d'ailleurs, l'hypertrophie considérable des tissus internes fait éclater la paroi du fruit.) Dans ce travail, nous avons l'intention de préciser uniquement cet étirement. M. MOLLIARD a bien voulu, à cet effet, nous permettre de prendre dans sa collection quelques exemplaires que nous avons coupés. Nous en comparerons trois ; un normal, de diamètre 5 mm. 2 ; un très hypertrophié, de diamètre 19 mm. ; et un intermédiaire, cueilli avant que l'hypertrophie ne soit très grande, de diamètre 9 mm. 2.

M. MOLLIARD écrit [187, p. 216] : « Alors que les cellules de la paroi du fruit normal sont à peu près isodiamétrales, celles de la galle sont trois fois plus allongées parallèlement à la surface de la paroi que dans le sens radial ». Ces mesures correspondent évidemment à des moyennes. Dans ce qui va suivre, nous ne nous adresserons qu'à

l'épiderme, mais, pour le sujet qui nous occupe, nous préférons, de même que pour l'épiderme du Gui, faire la moyenne d'un certain nombre de cellules choisies parmi les plus étirées ; car, lorsque les cellules ont atteint un certain étirement, elles se divisent et ressemblent bientôt aux autres, ce qui abaisse, tout de suite, les moyennes

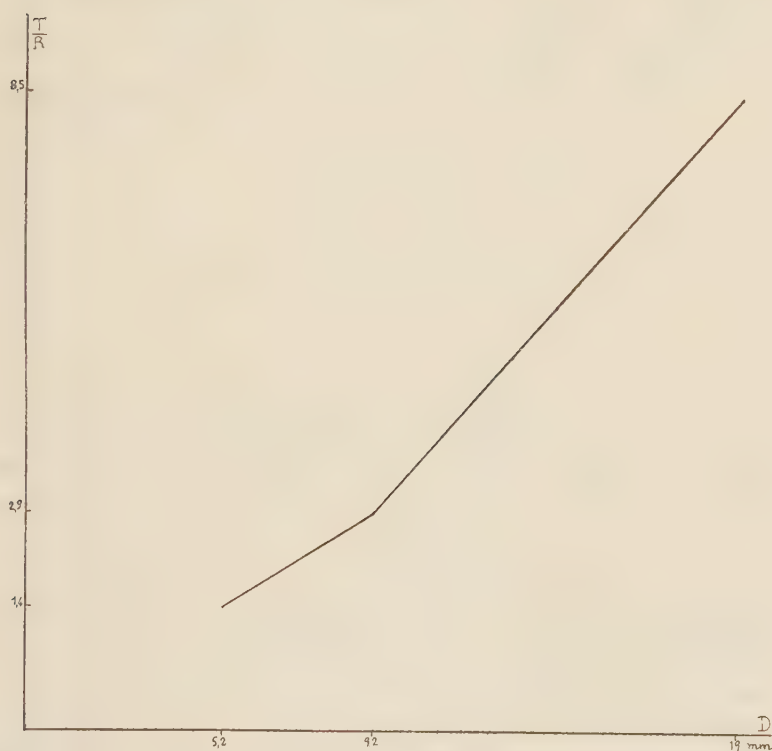


Fig. 9. — Courbe montrant les variations de l'étirement des cellules de l'épiderme du fruit de *Papaver dubium* L. attaqué par *Aulax Papaveris* Perris. (en abscisse : le diamètre du fruit).

et nous préférons prendre les cellules les plus étirées, en deux mots, prendre le *maximum d'étirement* pour chaque cas. Mais, pour que ces chiffres ne soient pas trop arbitraires, nous ferons une moyenne, non du nombre total de cellules, mais, d'un certain nombre des plus étirées.



Fig. 10. — Courbe montrant les variations de l'étirement des cellules épidermiques du fruit de *Papaver dubium* L., attaqué par *Aulax papaveris* Perris, (en abscisse le carré du diamètre du fruit),

Nous avons fait ainsi pour trois tailles de fruit :

A. Normal de diamètre 5 mm. $1/4$ environ.

B. Attaqué, jeune, de diamètre 9 mm. $1/4$.

C. Attaqué, vieux, de diamètre 19 mm.

Comme pour le Gui, nous porterons en abscisse le diamètre du fruit et en ordonnée le rapport $\frac{T}{R}$ du diamètre tangentiel au diamètre radial.

$$A : \frac{T}{R} = 1,4$$

$$B : \frac{T}{R} = 2,9$$

$$C : \frac{T}{R} = 8,5$$

Nous voyons, dans la fig. 9, que la courbe croît très vite et que l'étirement n'est pas proportionnel au diamètre. Comme pour le Gui, nous avons porté ensuite, en abscisses, le carré du diamètre et nous voyons que l'étirement est sensiblement proportionnel au carré du diamètre c'est-à-dire à la surface de section (fig. 10).

Nous donnons dans la phot. 4 (pl. XIII) la partie périphérique du fruit normal de *Papaver dubium* que nous venons d'étudier, et dans la phot. 5 (pl. XIII) celle du fruit de diamètre 19 mm.

On voit très bien que les cellules épidermiques sont à peu près isodiamétriques dans le fruit normal et très étirées avec des divisions radiales dans le fruit attaqué. On rencontre même des cellules encore plus étirées, sur le point de se rompre, et présentant une lumière extrêmement mince comme celle que nous représentons dans la phot. 6 (pl. XIII) et qui appartient à l'exemplaire C.

IV

Cécidie produite par *Oxya nebulosa* Wied. sur *Chrysanthemum Leucanthemum* L.

Les exemplaires de cette cécidie ont été recueillis par nous à Villeneuve-le-Comte (Seine-et-Marne) du 19 mai au 6 juin 1929, pour la plupart dans un jardin inculte.

Cette cécidie, produite par un diptère appelé tantôt *Trypeta proboscidea* (F. Löw) tantôt *Tephritis proboscidea* (H. Löw) ou *Oxya nebulosa* (Wiedmann), a été décrite très sommairement par différents auteurs, mais ne nous paraît pas avoir été étudiée anatomiquement. J. H. KALTENBACH [132, p. 339], I. BALDRATI [3, p. 41], E. LEMÉE [170, n° 130], C. HOUARD [127, t. II, p. 988], H. ROSS [247,



Fig. 11. — Galles d'*Oxya nebulosa* Wied. sur *Chrysanthemum Leucanthemum* L.

n° 454], F. HENDEL [108, p. 167-168] n'en donnent que des descriptions brèves. D'après C. HOUARD elle contiendrait de « nombreuses cellules larvaires », d'après I. BALDRATI habituellement une seule loge, fréquemment deux ou trois, d'après J. H. KALTENBACH, E. LEMÉE et H. ROSS, une seule chambre. Nous avons coupé un grand nombre de ces galles, et sauf un ou deux exemplaires qui étaient doubles, nous les avons toujours trouvées à une seule loge et conformes à la description qu'en donne ROSS.

« Wurzelstock mit rundlichen, fleischigen, bis 5 mm. grossen, einkammerige Anschwellungen Lv. Kammer rundlich.

Ch[rysanthemum] leucanthemum. Eine weisse Lv.

Flg. *Tephritis proboscidea* 454.

Nous pensons donc qu'il doit y avoir une erreur dans la description de C. HOUARD.

Nous donnons (fig. 11) un dessin de l'extérieur de deux de ces galles et (fig. 12) un schéma d'une coupe transversale d'une galle de 6 mm. 5 de diamètre, l'axe normal n'ayant que 3 mm. de diamètre environ.

Cette galle est symétrique par rapport à un plan longitudinal passant par l'axe de l'organe et la cavité larvaire est à cheval sur l'assise génératrice libéro-ligneuse.

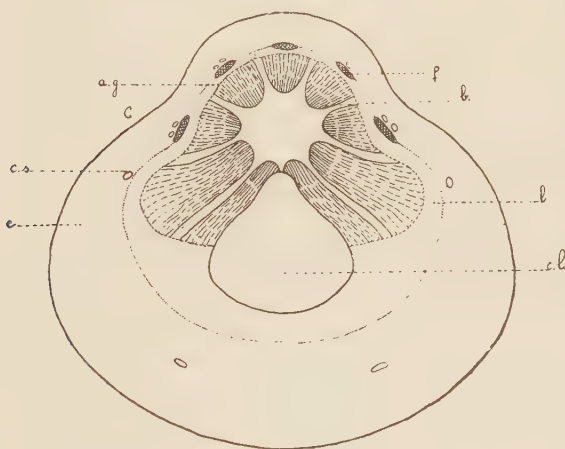


Fig. 12. — Schéma d'une coupe transversale d'une galle d'*Oxyna nebulosa* Wied. sur *Chrysanthemum Leucanthemum* L. (a. g., assise génératrice libéro-ligneuse ; b., bois ; c. l., chambre larvaire ; c. s., canal sécréteur ; e., écorce ; f., fibres ; l., liber.)

L'insecte provoque une hypertrophie relativement faible, des cellules, mais, surtout, une hyperplasie très forte des tissus secondaires libéro-ligneux. La partie normale, non déformée, faisant axe fixe, a servi de charnière et les tissus sont repoussés latéralement de part et d'autre du plan de symétrie.

Les fibres péri-cycliques disséminées sont à peine reconnaissables, les canaux sécréteurs, externes par rapport aux fibres, sont étirés tangentiellement. L'écorce multiplie aussi ses cellules. Les tissus périphériques, du fait de ces accroissements, subissent une forte traction tangentielle, les cellules sont fortement étirées tangentiellement et se divisent par des cloisons radiales.

Cet étirement est très marqué, notamment dans la région C du schéma (fig. 12), près des points qui ont fait fonction de charnière.

Nous avons, comme dans les cas précédents, essayé de caractériser l'étirement, et nous avons fait une moyenne entre les cellules

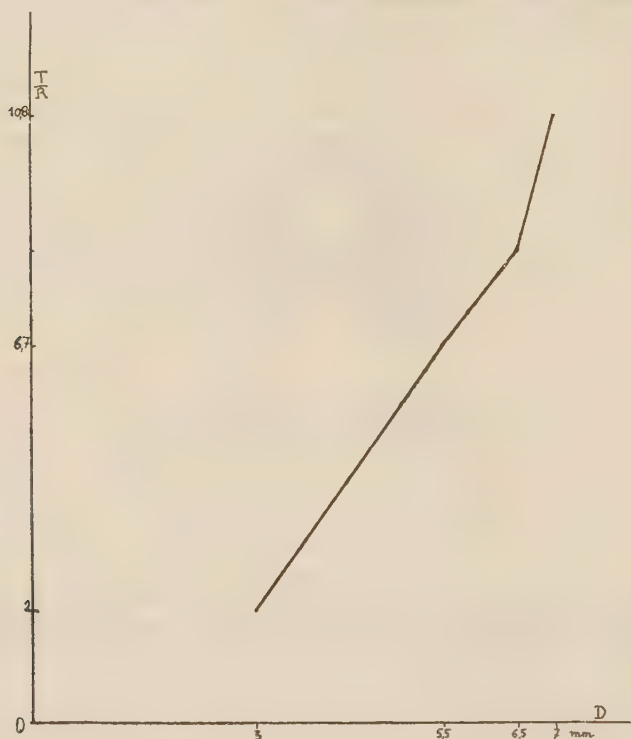


Fig. 13. — Courbe montrant les variations de l'étirement des cellules externes de la galle d'*Oxya nebulosa* Wied. sur *Chrysanthemum Leucanthemum* L. (en abscisse le diamètre de la galle).

corticales choisies parmi les plus étirées et situées toutes près de la périphérie.

Dans l'organe normal, de diamètre environ 3 mm., le rapport des dimensions tangentielle et radiales des cellules est de 2.

Nous avons comparé un axe normal de diamètre 3 mm. (A) et des galles de diamètres respectifs 5,5 (B), 6,5 (C) et 7 mm. (D).

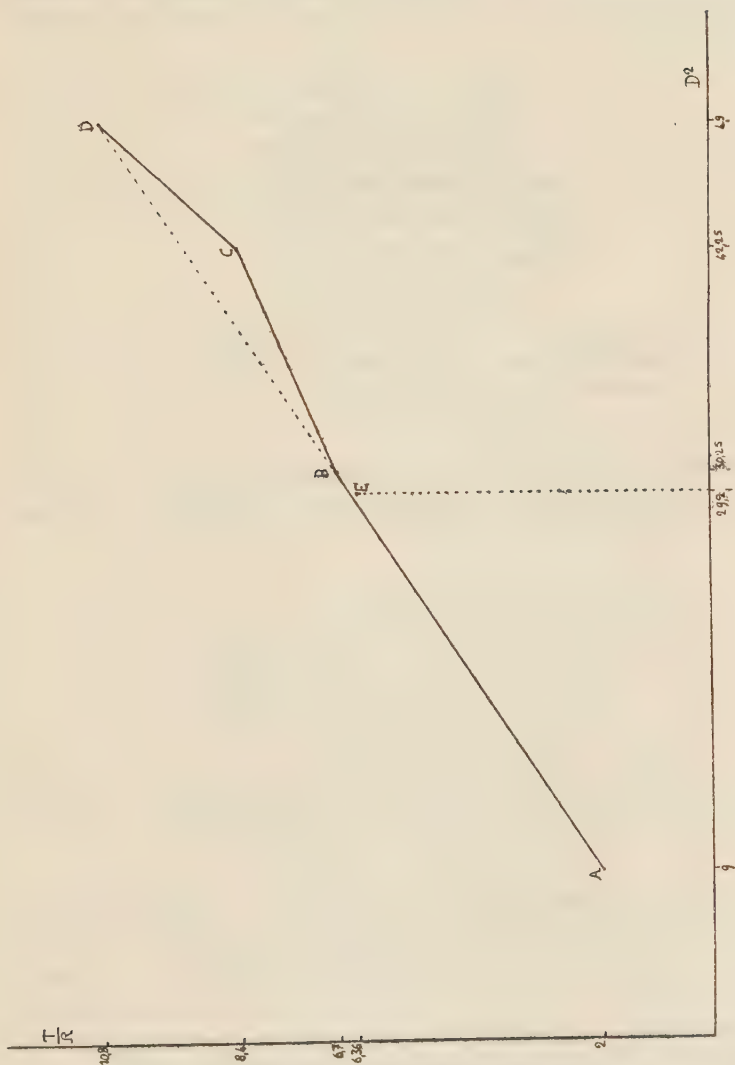


Fig. 14. — Courbe montrant les variations de l'éirement des cellules externes de la Galle d'*Oxya nebulosa* Wied. sur *Chrysanthemum Leucanthemum* L. (en abscisse le carré du diamètre de la galle).

Les rapports d'étirement ont été respectivement : 2 ; 6,7 ; 8,4 et 10,8. Nous avons porté ces valeurs sur un graphique en mettant

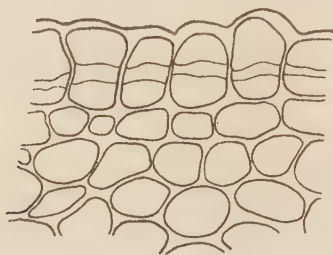


Fig. 15. — Cellules périphériques d'un rhizome normal de 3 mm. de diamètre de *Chrysanthemum Leucanthemum* ($\times 295$).

en abscisse les diamètres (fig. 13). Nous voyons, sur la courbe, que l'étirement n'est pas proportionnel au diamètre. En por-

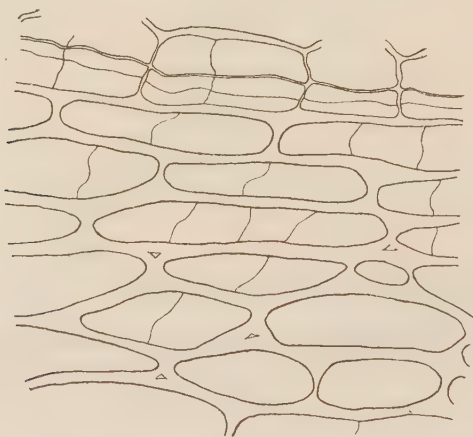


Fig. 16. — Cellules périphériques d'une galle de 6,5 mm. de diamètre, produite par *Oxya nebulosa* sur *Chrysanthemum Lecanthemum* ($\times 295$).

tant en abscisse les carrés des diamètres nous voyons (fig. 14) que, sauf pour la galle de diamètre 6,5 (C) où il y a un léger fléchissement, les trois points A, B et D sont en ligne droite, ce qui prouverait

que l'étiement est proportionnel *aux carrés* des diamètres. Nous représentons quelques cellules périphériques d'un axe normal de diamètre 3 mm. (fig. 15), d'une galle de diam. 6,5 (fig. 16) et d'une autre de diamètre 7 mm. (fig. 17). On voit les cellules d'autant plus allongées que le diamètre est plus grand.

Nous représentons aussi (fig. 18) quelques cellules d'un rhizome normal de 5 mm. 4. Nous retrouvons, dans les tissus de cet organe, des cellules allongés tangentiellement, avec des divisions radiales. Si nous mesurons ici encore l'étiement maximum, nous obtenons

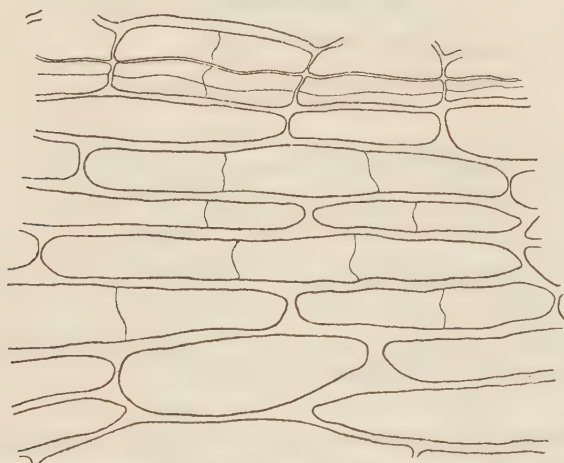


Fig. 17. — Cellules périphériques d'une galle de 7 mm. de diamètre, produite par *Oxya nebulosa* sur *Chrysanthemum Leucanthemum*. ($\times 295$).

comme chiffre 6,3; ce chiffre n'est pas loin du chiffre 6,7 trouvé pour la galle de diamètre 5,5. Si nous portons en E, sur la fig. 14 l'étiement correspondant à l'organe normal de diamètre 5,4 nous voyons que E tombe pour ainsi dire sur la droite A. B. D.

Ne pouvons-nous donc pas en déduire que l'augmentation de diamètre due à la galle a produit sur les tissus périphériques un résultat analogue à celui que produit la croissance en épaisseur normale de l'organe : étiement tangentiel avec divisions par des cloisons radiales ? Dans ces tissus périphériques, il est permis de supposer que l'action directe de l'insecte (surtout dans la région C avoisinant les

tissus normaux) est très atténuée et que la forme des cellules et le sens des divisions cellulaires qui en résultent sont influencés, sinon uniquement, du moins en grande partie, par un simple étirement tangentiel.

Ne pourrions-nous pas répéter ici la phrase écrite par M. MOL-



Fig. 18. — Cellules périphériques d'un rhizome normal de 5,4 mm. de diamètre de *Chrysanthemum Leucanthemum*. ($\times 295$).

LIARD à propos de la paroi de la galle du fruit de *Papaver dubium* : « On observe ici une accentuation d'un phénomène qui se produit normalement dans l'écorce de certaines tiges à accroissement secondaire. »

On pourrait ainsi expliquer la forme d'un grand nombre de cellules allongées situées dans les galles, assez loin du cécidozoaire, et le sens de leurs divisions cellulaires.

En résumé, dans cette deuxième partie, après un court historique où nous avons surtout cherché à montrer que les phénomènes d'étirement avaient déjà été signalés dans les tissus pathologiques, nous avons décrit des cas d'étirement dans trois cécidies, étirement suivi, dans un de ces cas, de rupture de tissus, et dans les deux autres, de divisions cellulaires, les jeunes parois se plaçant perpendiculairement à la direction de l'étirement.

TROISIÈME PARTIE

EXPÉRIMENTATION

I

Historique

Nous donnerons ici l'historique des expériences faites pour montrer l'action de la traction ou de la pression sur les tissus végétaux, y compris celles effectuées pour ainsi dire par la nature, et nous citerons quelques travaux concernant l'influence des actions mécaniques sur les premières divisions des cellules animales.

T. A. KNIGHT [141] observe qu'un arbre fixé de manière à ne se mouvoir, sous l'action du vent, que dans un plan, présente, dans la direction de ce plan, un diamètre plus grand. Il observe aussi que le mouvement des parties aériennes amène des tractions sur les racines qui se trouvent alors renforcées [142].

HERBERT SPENCER [280] [281, pp. 298-303] attribue une grande influence aux facteurs mécaniques dans la formation du bois.

En 1868, CAVE [27, p. 149] dit que le tissu du mésophylle des fruits de *Clematis* et de *Ranunculus* ne s'est pas développé le long des parois latérales par suite des pressions mutuelles exercées par les carpelles. De même, à propos d'un travail de TRECUL sur la structure du grain de blé, il dit que le mésocarpe manque complètement et ajoute que cette zone avorte par suite des pressions que l'ovule, en se développant, fait subir aux parois de l'ovaire.

J. SACHS [251] admet que la réduction du bois d'automne est due à une différence de pression de l'écorce.

H. NÖRDLINGER [207] montre qu'il existe une pression due à la tension de l'écorce (cité par GROSSENBACHER [87, p. 53]).

H. DE VRIES en 1872 [43] pense que la réduction du diamètre des cellules du bois d'automne provient d'une augmentation progressive de la pression de l'écorce. Plus tard, KRABBE [149] [150] montrera que cette augmentation supposée n'existe généralement pas. En 1875, H. DE VRIES [44] fait des fentes longitudinales dans l'écorce externe d'arbres variés et met des ligatures sur d'autres ; l'hiver suivant, il trouve que le nombre de cellules produites sous la ligature est moitié moindre que dans la normale, et 2 à 3 fois plus grand dans l'écorce fendue que dans la normale. De même, il dit en 1876 [45] que le nombre des divisions cellulaires tangentielles du cambium dépend de la pression radiale. En soulevant l'écorce au niveau du cambium [46] il obtient de nombreux grands vaisseaux ; pour lui, donc, la pression de l'écorce est un facteur important dans la détermination des dimensions des cellules du bois.

R. STOLL, en 1874 [283], montre que sous une pression unilatérale, les cellules s'étendent là où il n'y a pas de pression contraire (dans les coupes de bouture, les cellules s'étendent du côté resté libre).

C. DARWIN [34] dit que les vrilles des vignes attachées à un support s'épaississent et durcissent.

M. WESTERMAIER [304] dans ses recherches sur l'intensité de croissance des cellules initiales et des jeunes segments arrive à conclure que des influences mécaniques conditionnent la place définitive des parois et l'arrangement des cellules.

H. NÖRDLINGER [208] suppose que dans les tiges à sillons longitudinaux, ces derniers sont dus à une pression excessive de l'écorce (cité par J. G. GROSSENBACHER [87, p. 27]).

S. SCHWENDENER [273] montre que le parcours des rayons médullaires s'éloigne de la normale toutes les fois qu'il y a des différences de pression qui entraînent la croissance sur les parties moins exposées à la pression.

E. DETLEFSEN en 1882 [40] explique par un relâchement de l'écorce la croissance excentrique des tiges incurvées.

H. NÖRDLINGER, de même, en 1882, cherche à expliquer la croissance excentrique des tiges par un relâchement de l'écorce [209] (cité par L. H. PENNINGTON [211]).

L. OLLIVIER en 1882 a obtenu, dans la racine de *Faba*, un

agrandissement des cellules en diminuant la pression qu'elles supportent [210].

L. KNY dit en 1882 [144] que la croissance excentrique des tiges horizontales ne dépend pas uniquement de l'action de la pesanteur, mais, aussi, de l'éclairage et de la tension transversale de l'écorce.

M. FRANKE confirme les résultats de S. SCHWENDENER concernant l'influence de la pression sur les déviations de tissus. Les anneaux annuels sont plus faibles et sont incurvés sur toute l'étendue des surfaces de contact des racines concrescentes, et sont très développés sur les bords des dites régions [69, p. 328].

A. GEHMACHER en 1883 [75] provoque expérimentalement l'augmentation ou la diminution de la pression de l'écorce sur des arbres ou arbrisseaux de 3 à 6 ans. L'écorce externe est fendue sur certains d'entre eux et sur d'autres des ligatures sont appliquées. Le nombre des cellules du liège est inversement proportionnel à la pression et leur diamètre radial est moindre dans les cas où la pression est augmentée, tandis que sous une pression corticale diminuée il se produit le phénomène inverse. Il obtient, de même, un effet semblable sur les cellules du parenchyme cortical sauf que, à la fois, non seulement le diamètre radial des cellules, mais, aussi, le diamètre tangentiel, est moindre sous une augmentation de pression et que les espaces intercellulaires sont comblés. La différence entre l'épaisseur du parenchyme cortical sous l'action d'une augmentation ou d'une diminution de pression est énorme. Dans le bois, le nombre des fibres croît et celui des vaisseaux diminue sous une augmentation de pression.

A. GERBER [76] place des ligatures autour des tiges et voit que la formation du liège est différée ou réduite.

C. E. BERTRAND en 1884 [10] énonce sa loi des surfaces libres. Suivant lui, les productions secondaires tardives dans un organe sont toujours dues à l'activité d'une assise génératrice à cloisonnements tangentiels dépendant d'une surface libre naturelle ou accidentelle, réelle ou virtuelle. Il appelle surfaces libres réelles la surface du corps de la plante, la surface limite de ses cavités intérieures : lacunes, déchirures, méats (plus généralement toute solution de continuité de ses tissus, en communication ou non avec l'air extérieur) et surfaces

libres virtuelles celles des tissus modifiés ou écrasés, en quelques mots, celles des tissus quelconques où la vie se ralentit, tandis que les tissus voisins restent toujours actifs.

F. v. HÖHNEL [116] attribue à la pression de l'écorce des déplacements dans les fibres libériennes de quelques tiges de Dicotylédones.

E. LABORIE en 1884 [165] trouve une augmentation des fibres et une diminution de la moelle dans les pédoncules floraux par rapport au reste de la plante.

R. HOFFMANN en 1885 [118] étudie l'influence de la pression sur la division et la différenciation des cellules dans le cambium des arbres. Quand on supprime la pression, les cellules se divisent rapidement. Même quand la tension de l'écorce est la même tout autour d'une branche, la pression de l'écorce peut être différente en des points différents. Elle est considérable aux proéminences, et peut être nulle et même négative dans les dépressions. Il se forme un plus grand nombre de cellules de bois dans les dépressions que sur les arêtes, jusqu'à ce que les rameaux soient devenus cylindriques. Quand une branche d'arbre se trouve pressée contre des objets quelconques, variés, la croissance radiale est réduite sur le côté en contact dès que la pression atteint une certaine intensité ; les rayons s'étendent vers l'extérieur et deviennent éventuellement parallèles à la surface faisant obstacle.

G. HABERLANDT en 1886 [93] montre que l'espace joue un rôle dans le développement des tissus (les rhizoïdes des mousses vivant en saprophytes remplissent les cellules des organes des plantes mortes qu'elles habitent, même quand elles ont des formes compliquées).

F. BESSER en 1886 [11] dit qu'il y a dans les pédoncules des fruits, un plus grand développement des tissus mécaniques que dans ceux des fleurs, et qu'il y a un rapport entre leur anatomie et leur fonction.

J. COSTANTIN [32, pp. 138-139] décrit, dans des feuilles aquatiques, un allongement très marqué de l'épiderme produit, soit par un accroissement considérable des cellules dans une direction déterminée (*Hippuris vulgaris*), soit par des cloisonnements répétés dans le sens de la grande longueur de la feuille (*Sagittaire*). Ces résultats auraient été d'ailleurs déjà signalés par MER. De même les tiges des

plantes aquatiques subissent (HERTWIG [114, pp. 134 et 142]) une tension, dans le sens de leur longueur, due au courant de l'eau et une extension des cellules dans la direction du courant.

O. MÜLLER en 1887 [196] trouve que le contact détermine plus tôt et avec une plus grande intensité la lignification du sclérenchyme (même dans la partie libre) des vrilles de Cucurbitacées, mais ne considère pas comme vraisemblable l'influence de la tension.

E. DENNERT en 1887 [37] voit un plus grand développement des tissus mécaniques dans les pédoncules des fruits après leur maturation.

De même, K. REICHE en 1887 [239] en étudiant la transformation du pédoncule de la fleur en pédoncule du fruit observe dans ce dernier un plus grand développement des tissus mécaniques.

G. WORGITZKY en 1887 [313] montre que les vrilles qui se sont accrochées à un support deviennent beaucoup plus solides que les autres.

F. ELFVING en 1888 [59] montre qu'il y a, dans les tiges ployées avec force, un épaissement des parois cellulaires sur la face convexe qui se trouve mise en état de tension.

A. GRAY en 1889 [85] trouve les mêmes résultats que DARWIN sur l'épaississement des vrilles attachées à un support.

R. HARTIG [99, p. 202] explique le processus de la formation des bourrelets dans les blessures par la diminution de la pression de l'écorce sur les tissus sous-jacents (cambium).

J. WORTMANN [314] entoure des tiges de plantes en train de croître avec du fil fort. Les cellules ayant subi la ligature sont plus petites, avec des parois cellulaires fortement épaissies.

R. HEGLER [105] [106] [110] trouve que la résistance des organes végétaux à la traction peut être accrue par la traction mécanique, c'est-à-dire que les organes pourvus de tissus mécaniques en produisent en quantité plus considérable que dans les circonstances normales, et que même les organes auxquels du tissu mécanique fait normalement défaut en produisent sous l'influence de la traction (épaississement des parois de fibres ligneuses et formation d'éléments mécaniques supplémentaires).

H. L. RUSSEL [250] fait des expériences sur la croissance des

champignons inférieurs en liquides agités. Ces champignons se développent, donnant beaucoup de cellules et peu d'hyphes.

J. RICHTER [242] conclut que lorsque des tiges de *Chara* sont soumises à une traction longitudinale, il y a accroissement en force. Il sera critiqué par O. M. BALL [4].

M. von DERSCHAU [38] montre qu'une traction suffisante exercée graduellement sur certains pétioles augmente leur force de rupture et détermine une augmentation des tissus mécaniques. Il trouve un plus grand nombre de cellules.

W. PFEFFER [214] dans un travail classique, qu'il serait trop long d'analyser ici, mesure la force et le travail que peut produire une plante au cours de sa croissance. En utilisant des bandages plâtrés, il peut voir qu'une résistance suffisante empêche la croissance, que dans un moule de plâtre, le méristème originel et le cambium sont dans un état d'inaction et que les cellules qui avaient commencé à se différencier sont plus petites. Il observe aussi beaucoup d'autres détails intéressants.

F. C. NEWCOMBE [202] [203] [204] publie en 1893 et 1894 trois travaux très importants sur le sujet qui nous préoccupe. Il a employé la méthode préconisée par W. PFEFFER [213]. A cet effet, il enveloppe les organes de papier fort et les met dans des moules remplis d'un mélange de plâtre et d'eau [202, p. 3]. Nous ne décrirons pas ici tous ses résultats, nous y reviendrons plus loin ; nous rappellerons simplement que les tissus méristématiques et jeunes peuvent rester un temps indéterminé dans les moules, sans perdre leur capacité fonctionnelle. La période de vie de toutes les cellules peut être prolongée en empêchant leur pleine extension par l'intermédiaire d'une résistance mécanique. Les organes dans lesquels la formation de cavité s'accompagne de la mort des cellules peuvent garder plus longtemps ces cellules vivantes si leur extension est empêchée ; la vie de ces cellules sera d'autant plus longue que l'extension des organes aura été empêchée plus tôt (ceci s'applique aussi à la moelle). Quand la résistance du centre n'est pas grande et que la plante ne peut plus s'étendre radialement, les tissus croissent vers le centre. Il trouve, d'accord d'ailleurs avec les résultats de A. GERBER [76], que la formation du liège est ajournée ; il explique ceci par la résistance mécanique à l'extension cellulaire, du moins si l'on met le bandage assez

tôt pour prévenir l'extension normale des cellules dans lesquelles le phellogène apparaît généralement. Dans tous les cas, la formation du liège apparaît plus tardivement.

F. C. NEWCOMBE [205] dit, en parlant de la réaction des vrilles au contact : Le premier renforcement s'explique comme étant la réponse au contact, l'accroissement est la réponse régulière de la plante à la tension qu'elle supporte.

Pour D. T. MAC DOUGAL [174] l'épaississement des vrilles est du à la traction exercée par le poids de la tige qu'elle soutient.

R. HARTIG [100] [101] attribue à la pression l'épaisseur croissante des parois cellulaires du bois.

De même A. CIESLAR [29] (Cité par L. H. PENNINGTON [211]).

A. J. PIETERS [218] trouve que les pousses de Poirier et de Pommier portant des fruits sont pourvues de tissu mécanique supplémentaire.

L. KNY [145] par des expériences sur des lanières de pommes de terre tendues artificiellement, sur des racines de fève comprimées entre deux lames de verre et sur des spores d'*Equisetum* également comprimées, montre que les facteurs mécaniques ont une influence sur l'orientation des divisions cellulaires. L'axe du fuseau caryokinétique se place dans le sens de l'étirement et perpendiculairement à la force de pression, et par conséquent, les membranes, se placent perpendiculairement à la direction de la traction, et perpendiculairement aux lames pressantes. Dans un second travail [146] il poursuit ses recherches sur l'action de la pression sur les divisions cellulaires. Il fait des expériences sur des œufs de Fucacées, sur diverses algues et sur des racines et des tiges de quelques Phanérogames. L'accroissement a toujours lieu dans la direction de l'étirement et perpendiculairement à la direction de la pression. Cependant certaines causes externes et même certaines causes internes (processus de développement déterminé par l'hérédité) peuvent agir également et dans certains cas contrarier le jeu des forces physiques.

J. RAY [237, p. 252] montre que, chez des champignons inférieurs, l'agitation du milieu de culture accroît la résistance de la plante ; la membrane est épaissie, les cloisons sont nombreuses.

H. TITTMANN, en 1897 [291], emploie la méthode de W. PFEFFER et empêche la croissance en épaisseur des tiges par un man-

chon de plâtre. Il constate la formation de liège, mais, le nombre des cellules est plus faible ; il n'y a pas eu nécrose de la couche corticale externe provoquée par la pression du pansement et susceptible de donner une impulsion à la formation du liège. Il n'y a pas eu non plus de déplacement de la couche génératrice.

E. KÜSTER [155] observe dans les racines conrescentes que les surfaces de contact s'agrandissent par augmentation de croissance du côté libre, que la segmentation du cambium sous une pression forte n'a pas lieu, enfin il observe une torsion des cellules de cambium, torsion qui est à considérer comme un processus purement physique, la perte de l'orientation normale des cellules du cambium pouvant avoir pour cause la pression unilatérale car ces éléments capables de croître se développent de façon à échapper à la pression.

B. NĚMEC [199] [200] dit que les rapports d'espace sont décisifs pour les cellules en voie de division et confirme les résultats de L. KNY, notamment sur les tissus de pommes de terre en extension.

W. SCHWARZ [270] attribue à la pression longitudinale une influence prépondérante sur la croissance en épaisseur des troncs et des branches de Conifères (cités d'après L. KNY [146]).

M. THOUVENIN [289] montre que, le développement du tissu mécanique peut être arrêté par un facteur mécanique (traction modérée chez *Zinnia elegans*).

E. KÜSTER [157] [161] dit que dans les pétioles d'*Helleborus niger*, les nouveaux éléments que R. HEGLER disait être la réponse à la tension existent normalement avant que la traction soit appliquée.

R. HARTIG [102], cité par L. H. PENNINGTON [211 p. 276], observe que les arbres soumis à l'action du vent d'ouest produisent des anneaux annuels plus épais sur le côté est que sur le côté ouest (pour lui, la pression due au vent exercerait une excitation sur le plasma de la couche de cambium).

D'après C. F. HOTTES [125] la pression n'a pas d'influence sur les divisions cellulaires.

L. A. BOODLE [17] écrit que les membranes des cellules du liber, du péricycle et des rayons médullaires se lignifient à la suite de la tension produite par le poids de l'inflorescence et des fruits.

H. VÖCHTING [299] ne trouve pas ou presque pas d'augmentation des tissus mécaniques dans les tiges de Soleil ou de Chou chargées de poids.

W. WIEDERSHEIM [307] observe chez *Corylus* une accélération de croissance des branches par la traction mécanique, mais l'expérience est négative chez *Fraxinus*, *Fagus*, *Sorbus*, *Ulmus*.

O. M. BALL [4] dit que les plantes ne répondent pas à la tension par un accroissement de leur force de rupture ni par la production de tissus mécaniques, mais dans les courbures provoquées mécaniquement, il observe une augmentation des tissus mécaniques sur la face convexe ; ce serait d'après lui la différence de nutrition, ou toute autre inégalité, qui serait l'excitation et non la traction.

B. NĚMEC [207] comprime entre des lames de verre des bourgeons terminaux : ces derniers deviennent asymétriques. Si la pression est assez forte pour empêcher la croissance dans certaines directions, les divisions cellulaires ne se font pas.

H. KELLER [134] obtient des résultats négatifs en étudiant l'influence de la traction sur le renforcement des éléments mécaniques.

P. SONNTAG [278] attribue l'épaisseur des parois cellulaires du « heartwood » à la pression.

K. GIESENHAGEN [79] parle de polarité du noyau à l'état de repos ; ce dernier ne se diviserait que dans une direction déterminée à l'avance ; mais, il ne serait pas rare que le noyau soit déplacé de sa direction et de sa position primitive par suite de mouvements ayant lieu dans le plasma de la cellule. Ceux-ci seraient dus à des causes internes ou externes. Parmi les causes internes, il faut citer les conditions spatiales de la cellule en voie de division, la figure nucléaire pouvant être forcée à prendre passivement une position oblique, lorsque l'espace dans le sens de son plus grand diamètre est trop limité ; parmi les causes externes : les tractions et pressions mécaniques, etc. ; mais ces causes externes sont à considérer comme excitation, les facteurs purement mécaniques ne suffisant pas jusqu'à présent à expliquer ces faits.

En 1906, H. v. SCHRENK [261] observe des effets de pression produits par les soies des cocons de « bag worm ». Ces bandes de soie, attachant les cocons aux rameaux, sont trop solides pour que la

croissance radiale des rameaux puisse les briser, et H. v. SHRENK observe, dans ce cas, que les cellules du bois formées sous les ligatures ont un diamètre radial plus petit et des membranes plus épaisses que celles qui sont soumises à une pression normale. De plus, le nombre des vaisseaux semble décroître proportionnellement à la pression.

W. WILDT [308] trouve sous l'influence d'une traction artificielle un renforcement des éléments mécaniques à l'intérieur du cylindre central d'une racine. Il classe les racines en racines nutritives et en racines de consolidation (sans moelle); par traction mécanique, il amènerait les racines nutritives à devenir analogues aux racines de consolidation.

H. BÜCHER [26] enferme à la fois les portions supérieures et inférieures des tiges de Ricin dans des moules de plâtre et attache alors ces moules de telle sorte que les tiges, lorsqu'elles s'allongent, sont soumises à une compression longitudinale. Toutes, sauf deux, deviennent courbes; les deux qui restent droites sont plus faibles en tissus mécaniques que celles des plantes normales.

R. P. HIBBARD [115] soumettant des tiges et des racines à une traction artificielle, ne trouve pas d'augmentation des tissus mécaniques dans les tiges, cette augmentation est presque nulle dans les racines.

R. PREIN [230] place des racines entre des plaques d'ardoise; elles subissent au cours de leur croissance ultérieure, un fort aplatissement: le rapport du petit diamètre au grand est de $\frac{1}{7}$; il place aussi des racines jeunes dans des tuyaux de verre: le diamètre de la partie libre est 10 fois plus grand que celui de la partie comprimée. Il observe que les parois des divisions cellulaires se forment le plus souvent dans la direction de la pression. Dans la partie comprimée, les cellules ont une lumière étroite et des membranes épaissies, l'épaississement des parois étant dans la direction de la pression. Dans le cambium, les parois tangentielles caractéristiques manquent, le cambium est devenu un tissu de soutien. On n'observe pas d'accroissement, ni de diminution du nombre des vaisseaux, mais leur diamètre est plus petit.

H. VÖCHTING [300] aboutit à des résultats négatifs en étu-

diant l'influence de la traction artificielle sur le renforcement des cellules mécaniques, alors qu'il constate que les tractions naturelles (poids d'un organe) déterminent le renforcement ou la formation des éléments mécaniques.

J. S. BORDNER [18] trouve que l'influence de la traction se traduit par un renforcement des tissus mécaniques.

D'après K. HABERMEHL [96] la position des fuseaux nucléaires déterminée par les forces de traction et de pression est différent d'un cas à l'autre et qu'on ne peut la préciser à l'avance.

W. HALLBAUER [97] étudie, par la méthode de la mise en plâtre, l'influence de la pression sur la zone de croissance et les premiers stades de développement des plantes. Des divisions cellulaires continuent à se produire.

F. KNOLL [143] observe dans des cellules de *Coprinus* une augmentation de l'accroissement due à la tension.

P. SORAUER écrit dans son *Handbuch der Pflanzenkrankheiten* [279, p. 684 et ss.] qu'un relâchement artificiel de l'écorce agit sur le développement et l'accroissement des cellules du cambium. Plus la pression corticale est faible plus le nombre des divisions augmente dans la direction du rayon du tronc, l'extension de chaque cellule dans le sens radial et tangentiel devient également plus forte.

P. FLASKAMPER [62] explique par des condition de nutrition différentes l'inégalité de développement des tissus mécaniques observés par H. VÖCHTING dans les pédoncules de fruits pendants ou reposant à terre.

A. GÜNTART en 1910 [89] puis en 1913 [90] et en 1918 [91] ramène à des influences de pression, s'exerçant pendant leur développement, certaines formes d'organes de fleurs.

L. H. PENNINGTON [211] ne trouve pas qu'une compression longitudinale produise de différence marquée dans le développement des tissus mécaniques.

F. LENZ [171] met des racines de *Lupinus* dans des pansements de gypse. Dans les régions se développant normalement aussi bien que dans celles qui sont comprimées la croissance en épaisseur du cylindre central l'emporte sur la croissance en épaisseur de l'écorce, celle-ci s'arrêtant complètement sous le pansement.

W. D. BRUSCH [25] tend des vrilles avec des poids, il obtient

un épaississement des parois de la moelle et une formation plus abondante de xyleme chez *Passiflora coerulea*.

O. SCHÜEPP dans une série d'articles parus de 1912 à 1919 [262] [263] [264] [265] [266] [267] montre qu'il existe, dans les boutons et les bourgeons, des pressions et des tensions qui provoquent la déformation et le déplacement des cellules ; la traction favorise la croissance et la multiplication des cellules et la pression les arrête. K. GOEBEL [82] n'attache pas une grande importance à ces pressions et doute même de leur existence.

E. LÖWI [173] dit, à propos des graines logées les unes contre les autres dans un fruit, que l'espace joue un rôle dans le développement des cellules.

Chez les racines hypertendues P. JACCARD [128] [129] observe un grand développement du système conducteur, une réduction de l'épaisseur des parois des fibres, une augmentation du parenchyme ligneux et une diminution des rayons médullaires, un diamètre plus grand des vaisseaux du bois et une persistance plus prolongée de l'état vivant.

M. MOLLIARD [189] observe chez des racines comprimées dans des terrains schisteux les caractères suivants : une réduction de la taille des éléments cellulaires, un arrêt des divisions cellulaires (du moins pour une certaine valeur de la pression), sans que les cellules cessent de vivre ; les éléments vivants ne subissent pas de déformation sensible, mais il n'en est pas de même de ceux qui sont réduits à des membranes (vaisseaux du bois, liège), qui sont fortement aplatis. Les canaux sécréteurs peuvent ne plus se différencier. Les éléments du bois et du liber se développent surtout parallèlement au plan de pression.

W. GRABERT [83] emprisonne des tiges dans des moules de plâtre recouverts à leur intérieur d'une légère couche de paraffine dissoute dans du xylol. Il obtient des résultats anatomiques différents d'une plante à l'autre. Sa technique a été critiquée par certains auteurs mais nous verrons plus loin que quelques-uns de ses résultats qui ont été attribués à sa technique doivent être rapportés à une autre cause ; nous avons personnellement retrouvé ces mêmes résultats avec une technique différente.

G. STOYE [284] étudie l'influence de la pression mécanique

sur le développement de la partie dure des fruits à noyau. Pour cela, il plonge les fruits jeunes dans du plâtre qui, après durcissement, donne une pellicule mince, et il répète l'opération plusieurs fois jusqu'à obtenir une couche d'épaisseur suffisante. Beaucoup de fruits succombent. Parmi ceux qui résistent, la lignification des cellules est empêchée dans les fruits mis dans le plâtre suffisamment jeunes ; dans les fruits plus âgés, elle a lieu malgré le plâtre. Il observe souvent des cellules allongées radiairement. Enfin des divisions cellulaires ont lieu et les parois nouvelles ont une direction radiaire, elles seraient donc dans la direction de la pression ; mais il remarque qu'il est difficile d'expliquer ce phénomène d'une manière satisfaisante, car on est trop peu renseigné sur les tensions de tissus régnant dans les fruits et sur l'influence exacte de la pression mécanique sur les cellules isolées (1).

Auparavant, il avait écrit (pages 31 à 32) que les parois cellulaires se forment surtout dans les cellules allongées et coïncident avec le plus grand axe des cellules (2).

J. G. GROSSENbacher [87] donne un résumé des théories concernant le développement des cercles annuels des arbres.

En 1916, Mlle LA RIVIÈRE écrit, d'après Mme BLOCH [16, p. 171], un article sur l'influence de la compression sur les tiges. Nous avons cherché cet article à la référence indiquée (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 1916) ; nous n'avons trouvé aucun article de Mlle LA RIVIÈRE sur ce sujet, pas plus dans l'année 1916 que dans les tables rétrospectives de la collection. Il doit y avoir une erreur.

G. NICOLAS [206] retrouve, sur une racine comprimée de *Dracaena*, des caractères anatomiques analogues à ceux observés par M. MOLLIARD sur d'autres racines.

W. RASDORSKY [233] [234] fait des recherches sur l'influence de la courbure et de la pression sur les tiges ; les axes chargés sont

(1) « Eine befriedigende Erklärung für diese Erscheinung ist schwer zu geben, da wir über die in den Früchten herrschenden Gewebespannungen und die genaue Einwirkung des mechanischen Druckes auf die einzelnen Zellen zu wenig orientiert sind. »

(2) « Bemerkenswert ist, dass sich bisher bei allen Versuchen die Zellwände besonders in den langgestreckten Zellen bilden..., die neuen radialen Zellwände fallen mit der grossten Achse der Zellen zusammen... »

devenus plus épais, leur stéréome plus précocement développé et rejeté vers la périphérie.

P. JACCARD [130] en 1919 publie un gros ouvrage sur l'accroissement en épaisseur des arbres où il relate un grand nombre d'expériences. Il met notamment des bandages autour des branches et il voit que les cellules de la moelle aussi bien que plusieurs assises du bois de printemps à parois minces ont été aplaties et plus ou moins écrasées.

J. KURZ [164] étudie sur des tiges les répercussions de la pression provoquée par leur contact (*Ficus mysorensis* entouré par *Ficus parasitica*) et trouve qu'aux endroits qui ont subi la pression les rayons médullaires sont détournés de leur parcours normal d'une manière qui répond à une pression radiaire ; pour lui des couches de tissu du bois se développent malgré la pression très forte.

A. RIPPEL [233] comprime l'axe floral de *Taraxacum* avec des petites planches et considère que les conditions d'espace ont une influence sur l'histologie (cité par E. KÜSTER [161] p. 425).

Mme BLOCH, dans une série d'articles [12] [13] [14] [15] et surtout dans sa thèse de doctorat en 1924 [16], étudie l'action de la pression sur des rhizomes et retrouve expérimentalement les résultats constatés par M. MOLLIARD dans les racines comprimées entre des rochers. D'autre part elle met des jeunes tiges dans des tubes de verre, elle trouve des résultats qui ne sont pas toujours d'accord avec ceux de W. GRABERT et elle attribue cela à une différence de technique. Nous verrons plus loin, en employant une troisième technique, différente, que nous trouvons des résultats tantôt en accord avec les siens tantôt en accord avec ceux de W. GRABERT et qu'il faut attribuer ces différences à un autre facteur.

Mlle ROSKAM [244] examine des tiges de plantes grimpantes et montre que leurs tissus de soutien sont moins résistants vis-à-vis des forces extérieures que ceux des végétaux dressés.

W. SCHWARZ [271] déduit des expériences faites jusqu'à ce jour que l'influence des actions mécaniques sur la structure des plantes est beaucoup moins importante que celle des conditions de nutrition et de transpiration, les résultats étant incertains ou négatifs ; et répond à des critiques [272].

M. FONTAINE [66] [67] recherche l'action des fortes pressions

sur les cellules des feuilles d'*Elodea* ; pour des pressions supérieures à 850 kgs elles meurent, mais des pressions de 600 kgs restent sans effet sur leur vitalité.

H. BOUYGUES [21] essaye de montrer que les cellules et les tissus situés entre l'assise phellogénique et la zone cambiale amortissent les pressions exercées par cette dernière sur l'assise génératrice externe et que par conséquent le cloisonnement tangentiel de cette dernière ne serait pas contraire à la loi de KNY. Ces explications ne nous paraissent pas très probantes. D'abord, elles n'expliquent pas le cloisonnement tangentiel des cellules du cambium qui, situées entre le bois et les tissus externes, subissent de fortes pressions ; de plus, il est indéniable que les déchirures de l'épiderme ou des tissus externes de l'écorce existent ; soit que l'on explique ces déchirures par une pression radiale venant de l'intérieur ou par une traction tangentielle due à la croissance des tissus internes, dans les deux cas, les divisions devraient se faire radialement pour obéir à la loi de KNY. Cet auteur lui même a renoncé à faire entrer dans sa loi l'orientation des divisions cellulaires des assises génératrices ; il a préféré dire que certaines forces internes (processus de développement déterminé par l'hérédité) peuvent contrarier le jeu des forces physico-chimiques [146].

Hitoshi KOJIMA [148] empêche l'allongement des racines de *Vicia Faba* en les mettant dans du gypse ou dans une solution concentrée de sucre. Les cellules n'ont pas une longueur inférieure à celle des cellules des témoins, ce qui prouverait d'après l'auteur que c'est la cessation des divisions due à une pression mécanique ou osmotique et non la diminution de la taille des cellules qui arrêterait l'allongement.

INFLUENCE DE LA PRESSION SUR LES PREMIÈRES DIVISIONS DES CELLULES ANIMALES

Sans insister beaucoup sur cette question, il est cependant intéressant de rappeler ici quelques expériences sur l'influence de la pression sur la forme des cellules et l'orientation des premières divisions cellulaires chez les animaux ; les résultats étant analogues

à ceux obtenus par KNY sur les œufs de *Fucus* et sur les spores d'*Equisetum*.

P. H. DEDERER [35] et N. YATSU [316] compriment des œufs de *Cerebratulus lacteus* (Nemertiens) ; E. B. WILSON [312] et T. H. MORGAN [192] des œufs de *Nereis* (Annelides) ; E. N. BROWN [24] des œufs de *Cumingia* (Mollusques) ; E. G. CONKLIN [30] des œufs de *Crepidula* (Mollusques) et tous vérifient que les fuseaux correspondant aux deux premiers sillons se placent, conformément à la règle de O. HERTWIG [113], suivant le diamètre le plus long de l'œuf comprimé, donc parallèlement aux surfaces comprimantes, de sorte que les surfaces de division se trouvent perpendiculaires à celles-ci.

Les expériences sur les Echinodermes sont particulièrement probantes ; H. DRIESCH [49] [50] [51] et ses successeurs H. E. ZIEGLER [317] et H. D. KING [139] (1) démontrent que lorsque des œufs d'oursins sont aplatis par pression, les fuseaux, à mesure qu'ils se forment, prennent la position de moindre résistance, c'est-à-dire parallèle aux côtés aplatis de sorte que les clivages sont tous perpendiculaires aux surfaces pressantes (alors que normalement le troisième doit être perpendiculaire aux autres c'est-à-dire équatorial) ; l'œuf segmenté a donc l'aspect d'une couronne de 8 cellules, situées toutes dans un même plan, et même de 16, 32 ou 64 cellules (si l'action de la pression continue) ce qui est tout à fait différent de la forme normale. B. DÜRKEN [52, p. 332] en donne un tableau schématique se rapportant à *Strongylocentrotus lividus* (2). Les deux premiers sillons sont normalement verticaux, mais le troisième, au lieu de prendre une direction équatoriale comme c'est normal, prend une direction méridienne (les fuseaux se placent d'après la règle d'HERTWIG parallèlement aux faces comprimantes). Par suite il se forme, au lieu d'une couronne animale et d'une couronne végétative avec chaque fois 4 blastomères, une lame uni-couche de 8 cellules. Si la pression continue il se forme une lame uni-couche de 16 cellules, etc...

Chez les Poissons, E. BATAILLON [8, p. 297], en comprimant entre deux lames verticales des œufs de Vairon (*Phoxinus laevis*) (Téléos-

(1) Voir aussi F. Braem [22] [23].

(2) Voir aussi W. Schleip [258, p. 423].

téens), voit que le premier sillon, également vertical, est perpendiculaire aux lames.

Les expériences sur les Amphibiens sont aussi nombreuses. E. PFLÜGER [217] comprime des œufs de Grenouille entre 2 lames de verre parallèles. Les œufs prennent la forme d'ellipsoïdes fortement aplatis. Les axes des figures caryokinétiques prennent une direction parallèle aux lames comprimantes et les surfaces de division sont perpendiculaires aux lames. W. ROUX [248] [249], O. HERTWIG [111] [112], G. BORN [19] [20] et E. BATAILLON [8, p. 287] trouvent des résultats analogues. W. ROUX [248] observe notamment que des œufs de *Rana*, passés dans des tubes capillaires étroits et ayant agrandi leur diamètre transversal jusqu'au delà du double, se divisent transversalement aux tubes.

Nous allons maintenant décrire les expériences que nous avons faites, en vue de modifier mécaniquement ou de supprimer des phénomènes de traction, et nous exposerons les résultats anatomiques obtenus par ces expériences.

II

Technique.

Nous avons posé des bracelets autour des organes afin de supprimer l'étirement tangentiel. Ne voulant pas employer pour des raisons que nous allons indiquer les mêmes techniques que nos prédécesseurs : Moules de plâtre préconisés par W. PFEFFER [213] utilisés notamment par F. C. NEWCOMBE [202] (autour d'une couche de papier fort) et par W. GRABERT [83] (autour d'une couche de paraffine au xylol) ; bandage d'étoffe (P. JACCARD [130]), tubes de verre (Mme BLOCH [16]), nous avons employé des bracelets formés d'une lame de plomb mince et souple, séparés de la tige par deux ou trois épaisseurs d'une bande de caoutchouc large et très mince. Nous avons maintenu le tout en place avec du fil de fer fin et résistant. Il n'y eut point, sauf très rarement, de blessures des tissus (la compression se faisant par la propre croissance des organes) ; les bords supérieur et inférieur de la lame de plomb, cette dernière étant assez souple.

se recourbant légèrement vers l'extérieur à la limite du fil de fer, la bague se moule vers ses extrémités sur la tige, faisant ainsi une transition moins brusque que si elle avait été en verre ou en plâtre. De plus, cette méthode a l'avantage d'éliminer l'objection faite à W. GRABERT par Mme BLOCH à cause de sa paraffine au xylol qui pourrait provoquer une excitation chimique (nous discuterons la valeur de cette objection dans le paragraphe g. du IV^e chapitre).

Ces bagues ont aussi l'avantage de pouvoir se poser en n'importe quel endroit des tiges, ce qui ne serait pas possible, pour les tiges épaisses, avec les tubes de verre. Elles ont, sur les bandages d'étoffe employés par P. JACCARD, l'avantage de ne pas abîmer la surface des tiges (résultat que l'on pourra contrôler dans les photographies données dans les chapitres suivants), les surfaces des tiges expérimentées par P. JACCARD étant, d'après cet auteur, « comme gaufrées par l'impression du tissu du bandage sur l'écorce » [130, p. 144].

Nous donnons, dans la photographie n° 7 (pl. XIII) une vue d'une de ces bagues en place (sur *Hélianthus*). On voit le caoutchouc dépassant la lame de plomb, laquelle s'est moulée sur la tige en dehors des fils de fer.

La hauteur de ces bagues varie de 1 cm. 5 à 3 cm selon les cas.

III

Expériences sur le fruit de *Cucurbita maxima* Duch.

Nous avons mis des bracelets de caoutchouc entouré de plomb autour de jeunes fruits de Potiron ; nous nous sommes adressés de préférence à une variété très vigoureuse, le potiron « gros gris de Boulogne ». Le fruit, ne pouvant croître à l'endroit du bracelet, s'est développé beaucoup à ses deux extrémités restées libres et a pris rapidement une forme d'haltère [phot. n° 8 (pl. XIII)].

Nous nous contenterons d'en décrire un exemplaire. Celui-ci a été cultivé au Laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau. Le bandage a été posé le 31 août et enlevé le 15 septembre ; il avait une largeur de 2 cm. 5 à 3 cm. environ. Le fruit, une fois cueilli, avait

une longueur de 29 cm, une épaisseur de 13 cm. sous le bandage, de 20 cm. 5 du côté du pédoncule et de 22 cm. à l'autre extrémité.

Nous ne donnerons pas la description anatomique du fruit normal du Potiron. Nous renvoyons pour cela aux descriptions de A. YASUDA [315], K. G. BARBER [4] et J. MOELLER [182] ; nous rappellerons simplement que l'épicarpe est formé de cellules palissadiques plus allongées radialement que tangentiellement, que la chair du fruit est formée de cellules de taille variable ; très petites dans l'hypoderme, ces cellules vont s'agrandissant vers l'intérieur. Vers le centre, il y a une grande masse de fibres entourées par

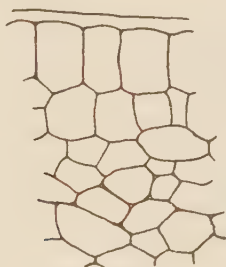


Fig. 19.— Cellules périphériques de la région normale du Potiron représenté dans la phot. 8 de la planche XIII ($\times 340$).

le reste du parenchyme démolí. Si, après inclusion dans la paraffine (après passage dans le salicylate de méthyle), on fait une coupe longitudinale dans notre exemplaire encerclé, nous voyons d'abord que, dans la partie comprimée, la cavité est nulle ou presque inexistante.

Si nous regardons au microscope la région externe des différentes parties du fruit, nous voyons qu'elle est, dans la partie renflée, tout-à-fait analogue à celle d'un potiron normal de même diamètre, elle présente un épiderme palissadique formé de cellules allongées radialement, le diamètre radial variant de 25 à 38 μ et le diamètre tangentiel de 14 à 18 μ . Quand aux cellules des premières couches sous-épidermiques, elles sont à peu près isodiamétriques, de dimensions variant de 15 à 25 μ . Nous donnons, dans la fig. 19, le dessin de quelques rangées de cellules externes de cette région.

Dans la partie comprimée, située près des bords de la bague (fig. 20), l'épiderme est plus allongé radialement, 35 à 45μ , et moins tangentiellement, 11 à 18μ ; quant au tissu sous-épidermique, il présente des cellules un peu plus grandes que dans la région normale, avec tendance à l'allongement radial et quelques divisions avec parois tangentielles ou obliques. Dans la partie comprimée située à égale distance des deux bords de la bague la tendance à l'allongement radial subsiste dans les tissus externes, et les parois des divisions sont tangentielles ; l'allongement radial devient très grand quand

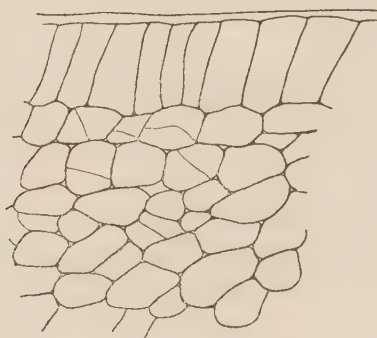


Fig. 20. — Cellules périphériques de la région située sous le bandage du Potiron représenté dans la phot. 8 de la planche XIII ($\times 340$).

on s'enfonce vers l'intérieur du fruit. Cet allongement radial de l'épiderme et ces divisions tangentielles ou obliques du tissu sous-épidermique seront à rapprocher de ce que nous rencontrerons plus loin dans les tiges de *Dahlia* ou d'*Helianthus*.

Enfin, la partie de transition qui joint superficiellement la partie comprimée à la partie renflée normale (phot. 8, pl. XIII) et qui a une direction presque perpendiculaire à l'axe du fruit, est de beaucoup la plus intéressante. Elle présente en coupe longitudinale (phot. 9 pl. XIV) un épiderme formé de cellules de diamètre radial variant de 16 à 24μ et de diamètre tangentiel variant de 5 à 19μ . Quant au tissu sous-épidermique, il est formé de cellules très allongées et étirées tangentiellement et présentant de nombreuses divisions perpendiculaires à la surface de l'organe. Ces cellules

peuvent dépasser 80 μ de longueur et leur diamètre radial tombe généralement à 7 ou 15 μ .

Nous pouvons, nous semble-t-il, expliquer comme suit ces modifications. Du fait de l'afflux de sève, les deux extrémités du fruit ont tendance à se développer normalement ; la partie maintenue par le bandage ne peut s'accroître et les cellules de la région de transition, comprises entre une partie qui se développe beaucoup et une autre qui ne peut suivre cet accroissement, se trouvent soumises à une traction et par suite, sont étirées tangentiellement. Cet étirement non seulement influencerait le sens de la croissance des cellules, mais encore provoquerait des divisions cellulaires ou au moins en déterminerait le sens ; ces divisions se font perpendiculairement à la direction de l'étirement, comme nous l'avons vu déjà pour les cellules épidermiques du Gui ; les cellules de cette région de transition sont, en somme, comparables à celles que nous avons rencontrées dans la galle de Marguerite, particulièrement dans la région qui fait transition entre le côté normal du rhizome et la tumeur.

Nous avons ainsi, en provoquant mécaniquement une inégalité de développement dans deux parties d'un même organe, déclenché un étirement des cellules situées dans la région de transition joignant ces deux parties, étirement qui est du même ordre que ceux que nous avons cités dans les deux premières parties de ce travail.

Nous voyons, d'après les chiffres, que les cellules de l'épiderme, sont, dans cette région, un peu moins allongées radialement que dans la partie normale ; cela est peut être dû à la traction tangentielle, mais, on pourrait se demander pourquoi elles ne sont pas, comme les autres cellules sous-épidermiques, allongées tangentiellement. Il nous est difficile de répondre à cette question ; peut-être est-ce à cause de leur grande capacité normale de division. Dans les fruits de Potirons normaux, même dans les exemplaires très gros, les cellules de l'épiderme gardent toujours cette forme palissadique (BARBER [5], YASUDA [315], MOELLER [182]) comme d'ailleurs dans beaucoup de fruits [71], et elles se divisent forcément facilement pour suivre les dimensions du fruit qui peut arriver à peser près de 100 kilos.

Quant à leurs dimensions tangentielles qui, elles, sont plus réduites, nous pouvons penser que les cellules épidermiques se sont, sous l'action de la traction, divisées activement par des cloisons

radiales, comme les cellules des couches sous-jacentes ; mais, il ne nous a pas paru possible de faire la distinction entre les parois jeunes et celles qui limitaient primitivement la cellule, comme nous avons pu le faire pour les cellules sous-jacentes. Dans ces dernières les membranes radiales secondaires sont un peu ondulées ; nous pouvons peut-être expliquer ce fait de la manière suivante : sous l'action de la traction, les cellules ont été étirées parallèlement à la surface et se sont divisées une ou plusieurs fois ; mais, l'étirement continuant, a pour effet de réduire l'épaisseur de la cellule, comme un tuyau ou un ballon de caoutchouc que l'on étire par ses deux extrémités diminue d'épaisseur, et les jeunes membranes se sont trouvées comprimées entre les deux parois tangentielles ; étant probablement peu résistantes, du fait de leur jeune âge, elles ont pris cette forme ondulée.

Quant aux cellules de la région comprimée, (fig. 20), leur direction oblique peut s'expliquer soit par la traction exercée par les cellules de la région de transition voisine, traction qui se serait transmise jusqu'à elles ; soit par la pression exercée par le bandage, pression qui les chasserait vers cette région libre ; il est probable que les deux facteurs entrent en jeu.

IV

Expériences sur diverses tiges

Nous avons posé des bagues sur des tiges de nature différente. Notre but, était, en empêchant la croissance radiale de la tige, de supprimer l'étirement tangentiel qui lui est consécutif et de voir si les divisions cellulaires par des parois radiales, dont nous avons déjà parlé, ont lieu quand même. Ces bagues font, il est vrai, intervenir une autre influence, la pression, dont nous reparlerons plus loin.

a) Tige de *Rosa* L.

La bague est restée en place du 1^{er} juillet 1931 au 12 juin 1932. La partie encerclée présente un diamètre de 5 mm. 2 environ, tandis que la partie normale du même entrenceud, mais assez loin du

bourrelet situé immédiatement au-dessus de la bague, a 6 mm. environ de diamètre. La tige normale présente un épiderme avec forte cuticule formé de cellules ayant pour dimensions, en ne tenant pas compte de la cuticule, c'est-à-dire pour dimensions intérieures, dans le sens tangentiel : 31 à 50 μ et dans le sens radial : 14 à 15 μ .

Le parenchyme cortical, collenchymateux vers l'extérieur, est formé de cellules plus allongées tangentiellement que radialement, leur diamètre tangentiel allant de 20 à 73 μ dans le collenchyme de 35 à 116 μ dans le parenchyme interne et le diamètre radial variant de 14 à 20 μ . En dessous nous voyons des îlots de fibres, ces îlots sont souvent brisés du fait de la croissance des tissus internes. (phot. 10 pl. XIV). Nous observons en outre de nombreuses divisions radiales dans le parenchyme cortical, du moins dans les cellules les plus étirées tangentiellement, ainsi que dans l'épiderme. Dans ce dernier, sur 100 cellules nous en avons trouvé 29 présentant une division radiale, soit environ 1 cellule sur 3 ou 4.

L'anneau ligneux, très épais, présente de nombreux vaisseaux.

La moelle ne présente pas de cavité en son centre.

Dans la partie dont la croissance a été empêchée par la bague nous trouvons des cellules épidermiques beaucoup moins allongées tangentiellement, leur diamètre tangentiel variant de 19 à 41 μ et leur diamètre radial de 14 à 16 μ ; de même le diamètre tangentiel des cellules du collenchyme varie de 14 à 32 μ et celui des cellules du parenchyme cortical interne de 34 à 53 μ , leur diamètre radial varie de 9 à 18 μ .

Les îlots de fibres ne sont pas rompus (phot. 11, pl. XIV), le bois est beaucoup plus compact, les vaisseaux plus rares et leur lumière plus petite.

Les divisions cellulaires radiales n'existent pas ou extrêmement rarement dans le parenchyme cortical; dans l'épiderme, elles sont beaucoup moins fréquentes que dans la tige normale (en effet nous n'en trouvons que 8 sur 100 cellules, soit une sur 12 ou 13 cellules).

La moelle ne montre pas de changement sensible.

En résumé, la bague a empêché la tige de croître en épaisseur et a, de ce fait, supprimé la traction tangentielle des tissus périphériques (la preuve en est dans la suppression de la rupture des îlots de fibres péricycliques) et l'étirement consécutif à cette traction

comme le montrent les dimensions des cellules ; il en est résulté une suppression des divisions cellulaires dans l'écorce et une réduction très grande du nombre des divisions dans l'épiderme, puisqu'au lieu d'avoir en moyenne une division sur 3 et 4 cellules, nous n'en avons qu'une sur 12 ou 13 cellules ; il est probable que ces dernières divisions cellulaires s'étaient déjà faites avant la pose de la bague et que nous les aurions empêchées si notre bague avait été posée plus tôt.

b) **Tige de *Prunus Laurocerasus* L.**

Bague posée au début d'avril 1931 ; tige cueillie le 17 août de la même année.

La partie encerclée a un diamètre de 3 mm. 5, et la partie normale au-dessous du bourrelet un diamètre de 5 mm. 6.

Dans la partie *normale* (phot. 12, pl. XIV), l'épiderme est rompu en différents endroits, il s'est formé plusieurs couches de liège, l'écorce montre des cellules plus allongées tangentiellement que radialement (alors que leur diamètre radial ne dépasse généralement pas $38\ \mu$ leur diamètre tangentiel atteint souvent $120\ \mu$). Certaines cellules, parmi les plus étirées, se sont divisées par des cloisons radiales.

L'anneau libéro-ligneux est très développé et a en moyenne une épaisseur de 1 mm. 55.

La moelle assez réduite ne présente pas de cavité centrale.

Dans la partie *encerclée* (phot. 13, pl. XIV) nous voyons un épiderme intact, non rompu, il n'y a pas eu formation de liège (nous retrouvons ici les résultats de F. C. NEWCOMBE) ; les cellules corticales isodiamétriques, ou à peine un peu plus longues tangentiellement que radialement, ne montrent pas de divisions.

L'anneau libéro-ligneux est beaucoup moins développé (0 mm. 48 d'épaisseur).

La moelle ne présente aucun changement.

Nous avons donc, en supprimant l'étirement tangentiel, empêché la formation des parois radiales dans les cellules du parenchyme cortical.

c) **Tige de *Cornus mas* L.**

Nous avons posé des bagues sur trois tiges de diamètre différent que nous désignerons par des lettres :

A : dont la partie encerclée avait un diamètre de 3 mm. 6.

B : dont la partie encerclée avait un diamètre de 4 mm.

C : dont la partie encerclée avait un diamètre de 5 mm. 9.

En coupant d'abord l'exemplaire C nous voyons, dans la partie encerclée, des cellules étirées tangentiellement avec des divisions par des parois radiales ; on serait donc tenté de dire que la bague n'a pas empêché les divisions radiales ; mais en coupant une tige normale de même diamètre que la partie encerclée et cueillie le jour de la pose de la bague, nous voyons que ces divisions existaient déjà.

La bague a donc été posée trop tard pour supprimer ces divisions. De même l'assise subéro-phellodermique avait déjà fonctionné ; mais elle n'a pas continué en dessous de la bague, car nous ne trouvons en moyenne que 4 assises formées, alors que dans la partie normale au-dessus de la bague, nous en trouvons 6 à 8.

Nous avons alors étudié l'exemplaire B de diamètre plus petit ; les divisions radiales étaient plus rares que dans la partie normale, mais existaient encore.

Nous avons enfin étudié l'exemplaire A et c'est celui-ci que nous décrirons avec un peu plus de détails.

La bague a été posée le 25 mai 1931 et enlevée le 26 juillet. La partie encerclée a un diamètre de 3 mm. 6 environ et la partie normale, au-dessus du bourrelet, 5 mm. 8.

Nous renvoyons pour la description anatomique normale des Cornacées aux ouvrages de A. L. FAURE [60], J. MOELLER [181] et A. SERTORIUS [276].

Dans la partie *normale* de l'entre-nœud considéré, l'assise subéro-phellodermique a fonctionné et a donné 4 à 6 assises de cellules. Les cellules épidermiques, en ne tenant pas compte de la cuticule, ont leur diamètre tangentiel variant de 28 à 41 μ et leur diamètre radial de 8 à 14 μ .

L'écorce externe a aussi ses cellules plus allongées tangentiellement, leurs dimensions variant dans cette direction de 45 à 60 μ , tandis qu'en direction radiale, elles varient de 20 à 30 μ . De même les cellules de l'écorce interne ont leur diamètre tangentiel variant

de 34 à 115 μ et leur diamètre radial de 14 à 29 μ . Les cellules les plus étirées, celles dont le diamètre tangentiel varie de 80 à 115 μ et le diamètre radial de 14 à 23 μ , sont divisées par des parois radiales.

Les fibres péricycliques sont écrasées et allongées tangentiellement.

L'anneau libéro-ligneux est très épais.

La moelle très réduite ne présente pas de cavité en son centre.

Dans la partie *encerclee*, on ne voit pas de formation subérophellodermiques, sauf en de très rares endroits.

L'épiderme a ses cellules quelquefois légèrement plus allongées radialement (diamètre radial 20 à 24 μ , diamètre tangentiel 14 à 35 μ).

L'écorce a ses cellules externes arrondies et de faibles dimensions (20 à 29 μ) et ses cellules internes beaucoup moins étirées que dans les parties normales, le diamètre tangentiel variant de 43 à 73 μ et leur diamètre radial de 9 à 29 μ (Les très petites dimensions du diamètre radial n'existent que dans quelques cellules écrasées.)

Sauf de très rares exceptions, les nouvelles parois radiales ne se sont pas produites dans les cellules de l'écorce.

Les fibres péricycliques sont écrasées comme dans la partie normale.

L'épaisseur de l'anneau libéro-ligneux, quoiqu'assez importante, n'atteint cependant que les $\frac{2}{3}$ de celle de la partie normale. L'assise génératrice libéro-ligneuse a fonctionné un peu, mais les éléments formés ne se sont pas différenciés.

Les vaisseaux du bois sont souvent déformés de même que le parenchyme ligneux mais non les rayons médullaires.

La moelle ne montre pas de changements appréciables.

En résumé, en posant des bagues, assez tôt pour empêcher l'étirement tangentiel des cellules de l'écorce d'atteindre une certaine importance, nous avons supprimé la formation des parois radiales.

d) **Tige d'*Acer Pseudoplatanus* L.**

Nous avons posé des bagues sur des nombreuses tiges d'*Acer Pseudoplatanus*. Nous ne décrivons que deux exemplaires.

Exemplaire A

Bague posée à la fin d'Avril 1931 sur une tige de l'année précédente et enlevée le 13 septembre. La partie normale de l'entrenœud avait en moyenne 5 mm. de diamètre, la partie encerclée n'en avait que 3.

Pour la description détaillée des tiges d'*Acer Pseudoplatanus* nous renvoyons à l'ouvrage de J. MOELLER [181, p. 267-270].

La partie *normale* de l'entrenœud présente un épiderme déchiré et 12 à 13 assises de formations subéro-phellodermiques, d'une épaisseur totale de 82 μ .

L'écorce a une épaisseur d'environ 190 μ , elle est collenchymateuse vers l'extérieur. Ses cellules sont souvent allongées tangentiellement et présentent, du moins les plus étirées, des parois de divisions radiales aussi bien dans le collenchyme que dans le parenchyme plus interne. Les cellules collenchymateuses sont très variables en dimensions ; il y en a de petites et d'autres très étirées pouvant atteindre 95 μ dans le sens tangentiel, leur diamètre radial est plus constant et ne varie que de 8 à 17 μ .

Il en est de même du parenchyme cortical interne, bien que les cellules aient des formes encore plus variées. Leur diamètre radial varie de 10 à 30 μ , leur diamètre tangentiel atteint souvent 80, 90 et même 103 μ . Bien entendu, ces cellules étirées présentent de jeunes parois radiales à leur intérieur.

Les fibres libériennes se trouvent sur 2 rangs : un rang externe interrompu çà et là, mais, cependant presque continu (quelquefois ces fibres sont étirées tangentiellement : 54 μ sur 13), enfin un second rang plus interne formé de petits paquets isolés.

L'épaisseur du liber entre les fibres externes et le bois est en moyenne de 233 μ .

Le bois a une épaisseur de 1178 μ environ.

Les cellules de la moelle sont généralement isodiamétriques, légèrement allongées radialement sur la périphérie. La moelle a un diamètre moyen de 1420 μ .

Dans la partie *encerclée* qui, elle, n'a que 3 mm. de diamètre, l'épiderme est aussi déchiré, l'épaisseur du liège n'est que de 51 μ il est composé de 8 à 9 assises environ.

L'épaisseur de l'écorce est de 160 μ environ.

Les cellules collenchymateuses sont petites, le plus souvent isodiamétriques, quelquefois légèrement allongées tangentiellement, leur diamètre radial variant de 8 à 16 μ et leur diamètre tangentiel de 8 à 32 μ . Elles ne présentent pas les divisions radiales que nous avons rencontrées dans la tige normale. En supprimant l'étirement tangentiel, nous avons donc, encore une fois, supprimé les divisions radiales.

Le parenchyme plus interne, lui, présente encore quelques divisions radiales, mais en très petit nombre; la dimension radiale des cellules varie de 10 à 27 μ et la dimension tangentielle ne dépasse pas 46 μ .

La deuxième rangée de fibres, la plus interne, n'existe pas.

L'épaisseur du liber entre les fibres et le bois est en moyenne de 216 μ .

Le bois a une épaisseur de 513 μ et ses cellules sont beaucoup plus petites que dans la partie normale.

La moelle a un diamètre moyen de 1160 μ .

Exemple B.

Bague posée en Mai et enlevée le 1^{er} Juillet 1931.

La partie *encerclée* a un diamètre moyen de 4 mm. 2, alors que celui de la partie normale du même entre-nœud, au-dessus de la bague, est de 6 mm. 2.

La partie *normale* (photo. 14, pl. XV) montre un épiderme déchiré dont les cellules ont en moyenne 24 μ en direction tangentielle sur 11 μ en direction radiale. Les formations subéro-phellodermiques présentent 7 à 8 assises.

Le collenchyme a ses cellules allongées tangentiellement (leur diamètre radial variant de 8 à 14 μ et leur diamètre tangentiel de 32 à 55 μ) et présentant des divisions radiales.

Les cellules du parenchyme interne mesurent en direction radiale : 13 à 15 μ et en direction tangentielle : 48 à 90 μ ; les plus allongées sont en face des nombreuses fractures de l'anneau fibreux.

Les fibres, elles, sont en certains endroits étirées tangentiellement ; elles peuvent atteindre dans cette dernière direction $102\ \mu$.

L'épaisseur de l'écorce entre le liège et le cercle fibreux varie de $164\ \mu$ en face des îlots de fibres à $247\ \mu$ en face des fractures.

L'épaisseur de la partie de la tige comprise entre les paquets de fibres extérieures et le bois varie de $164\ \mu$ à $205\ \mu$.

Le bois a une épaisseur de $1096\ \mu$.

La moelle, formée de cellules iso-diamétriques, sauf sur la périphérie où elles sont plus allongées radialement, est circulaire et a un diamètre de $2125\ \mu$ environ.

Dans la partie *encerclée* (phot. 15, pl. XV), ce qui nous frappe d'abord, c'est le fléchissement très marqué de l'anneau ligneux dans la partie supérieure de la figure, et un léger fléchissement dans la partie droite.

L'épiderme n'est presque pas déchiré, et les rares déchirures semblent être plutôt une conséquence de la coupe. Ses cellules sont un peu moins allongées tangentiellement ($19\ \mu$ en moyenne). Les formations subéro-phellodermiques n'ont en général que trois assises.

Le collenchyme a ses cellules beaucoup moins allongées tangentiellement, ne dépassant pas $27\ \mu$ dans cette direction, et ne montre aucune paroi radiale jeune. Il en est de même du parenchyme cortical plus interne dont les cellules ne dépassent pas $44\ \mu$ en direction tangentielle.

L'épaisseur de l'écorce entre le liège et les fibres externes est de $197\ \mu$ en face du fléchissement, et sur les côtés varie de 189 à $216\ \mu$; elle est donc à peu de chose près sensiblement égale dans les différentes régions de la coupe. Mais, si nous mesurons l'épaisseur comprise entre le cercle fibreux externe et le bois, nous trouvons sur le côté à gauche de la figure : $216\ \mu$ et en face du fléchissement 256 à $284\ \mu$; on peut d'ailleurs facilement contrôler cette différence d'épaisseur sur la photographie 15 (pl. XV) et surtout dans les deux photographies 16 et 17 (pl. XV) ; la photographie 17 correspond à la partie gauche de la photographie 15, la photographie 16 à la partie supérieure (en face du fléchissement) de la photographie 15. De plus les cellules sont beaucoup moins aplaties dans la région du fléchissement que sur les côtés. Il peut, au premier abord, paraître curieux que nous trouvions ici une plus grande épaisseur que dans la partie

normale ; cela provient de ce que les cellules sont moins aplaties et de ce que les tissus nouvellement formés ne sont pas tous lignifiés.

Le bois a une épaisseur de $460\ \mu$ environ sur le côté gauche et de $595\ \mu$ environ à l'endroit infléchi. Ses cellules sont plus petites que dans la partie normale ce qui lui donne un aspect plus compact et les vaisseaux sont plus rares et plus allongés radialement.

Comment expliquer ce fléchissement du bois ? Il ne semble pas du tout être dû à une poussée de l'écorce, puisque l'épaisseur de cette dernière n'est pas plus grande dans la région du fléchissement que dans les autres parties, il serait plutôt dû au fonctionnement du cambium, les nouvelles formations cambiales étant beaucoup plus épaisses au niveau du fléchissement que sur les côtés : mais un autre facteur nous semble jouer ici un rôle plus important ; du fait de la multiplication du bois, l'anneau ligneux rigide, ne pouvant augmenter sa circonférence, se trouve, par l'intercalation continuelle de nouvelles cellules, soumis à de très grandes forces tangentielles comme l'indique au microscope la forme radialement allongée des vaisseaux et l'aspect des cellules du bois ; et pour peu que la moelle ne soit pas très résistante, il se produirait, en un endroit de moindre résistance, un fléchissement, une invagination de cet anneau. Supposons en effet que, à l'intérieur d'un cylindre creux, nous disposions en cercle, contre sa paroi interne, des colonnettes serrées les unes contre les autres. Si alors nous essayons d'enfoncer un coin entre deux de ces colonnettes nous provoquerons les forces tangentielles dont nous parlions plus haut et il arrivera un moment où l'anneau de colonnettes s'invaginera radialement (évidemment cela n'est possible que si, à l'intérieur de l'anneau des colonnettes, il n'y a pas une résistance suffisante pour empêcher ce mouvement). L'on obtient aussi le même effet si, au lieu d'enfoncer le coin entre deux colonnettes on l'avait enfoncé entre le cylindre et le cerclé des colonnettes, ce qui expliquerait le fléchissement du bois par la poussée des formations cambiales ; mais, si l'on remarque que, dans la tige normale, le liber est écrasé par la poussée du bois et que, dans nos tiges encercleées, ses cellules sont aussi assez aplaties, sauf dans les régions de la coupe en face du fléchissement, la poussée du liber ne nous paraît pas assez forte et il nous semble préférable, sans nier la poussée possible du liber, de donner la prédominance aux forces tangentielles dues à

l'intercalation du nouveau bois entre les faisceaux préexistants ; d'ailleurs, le fléchissement du bois en se produisant entraînerait les tissus externes et provoquerait, de ce fait, une traction sur les cellules du liber et les jeunes cellules cambiales, ce qui expliquerait que, contrairement aux autres endroits, elles ne sont pas aplaties ici tangentielllement, mais ont plutôt une forme isodiamétrique et même plus allongée radialement.

Il nous semble donc préférable d'expliquer le fléchissement de l'anneau du bois par des forces tangentielles s'exerçant sur les cellules du bois.

Un journal trop gros que l'on fait entrer dans un tube de carton trop étroit n'y entre qu'en s'infléchissant en un point.

N'a-t-on pas essayé d'expliquer les plissements de l'écorce terrestre par des poussés tangentielles, produites soit par des phénomènes de contraction soit par une expansion des masses minérales qui, n'ayant pas la possibilité de s'étendre latéralement, se plisseraient [104, tome I, chap. XXIX]. Mais dans le cas qui nous occupe, ces plissements ne peuvent se faire vers l'extérieur, du fait de la bague, et, ou bien ne se produisent pas (cas des tiges étudiées avant celle-ci) ou bien se font vers l'intérieur, si la moelle est assez peu résistante ; c'est ce qui se produit dans cet exemplaire.

La moelle écrasée en un endroit est donc asymétrique, elle a un petit diamètre de 1 mm. 6 environ, et un grand diamètre de 2 mm.

e) Tige de *Cucurbita maxima* Duch.

Nous ne dirons que quelques mots de ces tiges, ayant posé les bagues en trop petit nombre et tardivement, mais nous tenons à signaler un phénomène intéressant pour notre sujet. Pour cela, nous ne décrirons qu'un exemplaire. Ce dernier est resté encerclé du 28 août au 25 septembre ; le diamètre de la partie encerclée est de 9 mm. 3 et celui de la partie normale au dessous : 12 mm, 5. On sait que les tiges herbacées annuelles de Cucurbitacées ont un anneau de tissu sclérenchymateux [194, p. 3] [228] [229, p. 66]. Or cet anneau, lorsque les tiges vieillissent, se brise : A. YASUDA [315, p. 9], R. HOLROYD [124, pp. 39, 41], J. PITARD [227, pp. 46, 152] ; ce dernier notamment écrit (p. 46) « Par suite de la croissance radiale et tangentielle des faisceaux libéro-ligneux, encore isolés dans cette

famille, la couronne fibreuse se casse au niveau des rayons médullaires et les lacunes qui tendent à se produire sont comblées par le parenchyme du péricycle interne ou par l'endoderme ». Par exemple il dit que dans une tige de *Cucurbita Pepo* de 10 mm. de diamètre il n'y a aucune fracture alors que dans une tige de 20 mm. il y en a 22 à 34. Nous avons contrôlé la présence de ces cassures et nous en donnons une photographie (phot. 19, pl. XV). On voit à droite et à gauche deux fractions de l'anneau fibreux qui ont été séparées du fait de la croissance des faisceaux libéro-ligneux plus internes ; les cellules situées en dedans de ces fibres se sont trouvées en face de la cassure étirées tangentiellement et se sont divisées par des cloisons radiales. Dans les tiges plus jeunes, dont l'anneau fibreux ne s'est pas encore rompu et dans la même tige, en face des régions entières de cet anneau, les mêmes cellules ne ~~ne~~ sont pas étirées ni divisées. En somme cet anneau fibreux joue, vis-à-vis des assises cellulaires périphériques sous-jacentes, le rôle que jouent nos bagues sur les tissus périphériques des tiges encerclées, et empêche l'étirement tangentiell, dû à la croissance de tissus plus internes, des cellules extérieures à ces derniers ; il empêche également les divisions consécutives à cet étirement. Mais moins résistant que nos bagues, cet anneau sclérenchymateux (les forces de traction tangentielle augmentant), finit par se rompre, et, en face des cassures, les cellules sous-jacentes se trouvent soumises à un étirement très grand et se divisent.

Le rapport des dimensions tangentielles aux dimensions radiales de ces cellules atteint facilement $\frac{384}{96}$ (1) ou $\frac{664}{151}$ c'est-à-dire 4 ou 4,3, alors que dans la même coupe, il varie en face des régions non rompues de $\frac{96}{96}$ à $\frac{260}{123}$ c'est-à-dire de 1 à 2,1.

Dans la partie restée encerclée pendant quatre semaines, nous avons, en supprimant les forces de traction tangentielles, empêché l'anneau fibreux de se rompre comme on le voit sur la photographie 18 (pl. XV) et les cellules sous-jacentes n'ont pas été étirées et ne se sont pas divisées : ces cellules sont un peu allongées radialement (phé-

(1) Toutes les dimensions des cellules, qui ont servi à établir ce rapport et les suivants, ont été exprimées en μ .

nomène que nous rencontrerons dans d'autres tiges et sur lequel nous reviendrons alors); le rapport $\frac{T}{R}$ varie chez elles de $\frac{82}{96}$ à $\frac{55}{110}$.

J. PITARD prétend [227, p. 152] que l'écorce située en face des régions disloquées s'accroît davantage que les éléments voisins qui demeurent plus étroits, et que cette différence d'accroissement est également manifeste dans les cellules épidermiques. Nous avons mesuré quelques cellules de l'épiderme et du tissu sous-jacent en face d'une fracture, et du côté d'une région non fracturée.

En face d'une fracture, le rapport $\frac{T}{R}$ atteint facilement dans l'épiderme $\frac{49}{14}$ à $\frac{57}{16}$ c'est-à-dire 3,6 et dans le collenchyme $\frac{46}{16}$ c'est-à-dire 2,9.

Dans la région non fracturée le même rapport dans l'épiderme ne dépasse pas $\frac{35}{24}$ ou $\frac{27}{10}$ c'est-à-dire, 1,5 ou 1,6 et dans le collenchyme $\frac{27}{19}$ c'est-à-dire 1,4.

Dans la partie encerclée, ces différences n'existent plus, les cellules ont sensiblement les mêmes dimensions c'est-à-dire pour l'épiderme $\frac{22}{22}$ ou $\frac{22}{18}$ et dans le collenchyme en moyenne $\frac{18}{22}$.

En résumé, nous avons vu, une fois de plus, que l'étirement tangentiel des cellules est suivi de divisions cellulaires et que si l'étirement est empêché, soit par une bague solide, soit même naturellement par une gaine fibreuse, les divisions cellulaires sont également empêchées tant que l'obstacle à l'étirement persiste.

f) Tige de *Dahlia variabilis* Desf.

Nous avons posé à des dates différentes des bagues sur de nombreuses tiges de diamètres différents. Nous en avons étudié cinq au microscope que nous désignerons par les lettres A, B, C, D, E, dont les parties encerclées avaient respectivement pour diamètre :

A : 3 mm, 5 ; B : 7 mm. 3 ; C : 8 mm, 8 ; D : 9 mm. 1 ; E : 9 mm. 5

Nous ne décrirons pas ces cinq exemplaires ; nous n'en décrirons

que deux qui présentent certaines différences : l'exemplaire A et l'exemplaire E, de diamètre 3 mm., 5 et 9 mm. 5 ; l'exemplaire B, nous ayant donné les mêmes résultats que l'exemplaire A et les exemplaires C et D que l'exemplaire E.

Exemplaire A

La tige présente dans sa partie encerclée un diamètre de 3 mm., 5 et dans la partie normale du même entre-nœud situé au-dessous de la bague, un diamètre de 7 mm. 3 environ. La bague avait été posée le 7 juin 1931 et enlevée le 24 juin.

Nous ne décrivons pas la tige normale de *Dahlia* qui se trouve étudiée un peu partout [81]. Nous rappellerons simplement qu'elle présente un épiderme formé d'une assise de cellules rectangulaires, d'une écorce externe formée de trois à quatre assises de collenchyme, les épaississements étant surtout aux quatre angles des cellules, d'une écorce interne formée de trois à quatre assises de cellules arrondies à parois minces, d'un endoderme, d'îlots de fibres sous forme de masses semi-lunaires, de faisceaux libéro-ligneux en forme de coins, des grands et des petits disposés régulièrement sur un cercle, d'une moelle et d'une grosse lacune au centre.

Dans la partie *normale* de notre exemplaire, les cellules du collenchyme ont un diamètre tangentiel d'environ 28 à 32 μ et un diamètre radial de 23 à 29 μ ; quand à l'écorce interne elle présente plus de variétés ; ses cellules sensiblement isodiamétriques ont en moyenne 26 μ près de la périphérie, et 58 μ vers l'intérieur. Bien que les faisceaux libéro-ligneux paraissent isolés, le cambium a déjà fonctionné et les formations cambiales encore jeunes forment cependant un anneau continu. Les vaisseaux du bois ont des diamètres variant de 52 à 111 μ ; ce dernier chiffre s'applique aux vaisseaux les plus allongés radialement. La moelle présente une lacune centrale, pas encore très grande.

Dans la partie *encerclée*, les cellules des quatre assises du collenchyme présentent un allongement radial très marqué ; alors que leur diamètre tangentiel ne varie que de 14 à 32 μ , leur diamètre radial varie, lui, de 43 à 102 μ . Le parenchyme cortical est, lui aussi, allongé radialement. Le bois présente aussi des vaisseaux allongés radialement, surtout ceux de l'intérieur (58 à 142 μ), leur diamètre

tangential diminuant beaucoup (20 à 27 μ). Les vaisseaux semblent avoir été comprimés par des forces tangentielles.

La cavité médullaire, elle, se trouve avoir été comblée par la pression des tissus qui l'entourent, la moelle ayant été refoulée vers l'intérieur, jusqu'à ce que ses différentes parties soient arrivées à se rejoindre ; cette jonction s'est faite suivant trois directions rayonnant à partir du centre (phot. 20, pl. XVI).

Exemplaire E

La bague a été posée le 8 juillet et enlevée le 6 septembre 1931. La partie encerclée a un diamètre de 9 mm. 5, environ, tandis que la partie normale du même entre-nœud, au-dessous de la bague, a atteint un diamètre moyen de 10 mm. 7.

Dans la partie *normale*, (phot. 21, pl. XVI), le diamètre tangential des cellules du collenchyme varie de 31 à 53 μ et le diamètre radial de 23 à 35 μ .

Entre les îlots de fibres se trouvent des cellules non lignifiées allongées tangentiellement et divisées par des parois radiales, ces cellules atteignant facilement 108 et 135 μ dans le sens tangential, alors que leur diamètre radial ne dépasse pas 22 et 27 μ .

Le bois forme un anneau continu où l'on voit des faisceaux de taille différente, les plus gros (ceux qui sont surmontés d'un îlot de fibres à l'extérieur) sont situés un peu plus à l'intérieur de sorte que le liber se trouve être en partie, quelquefois totalement, enfoncé dans l'anneau ligneux. Les vaisseaux ligneux sont à peu près circulaires.

La moelle est formée de cellules isodiamétriques ; la cavité centrale est circulaire et très grande.

Dans la partie *encerclée*, ce qui nous frappe en premier lieu c'est la forme de la cavité centrale qui n'est plus circulaire. Il s'est produit un affaissement ayant pour points d'appui deux points diamétralement opposés de sorte que la cavité a pris la forme d'une lentille fortement aplatie, à peu près plan convexe. Aux deux extrémités de la cavité les cellules de la moelle sont aplaties comme si elles avaient été coincées entre des forces pressantes tangentielles.

Dans la photo 22 de la planche XVI, on voit une partie de la cavité aplatie.

Le bois est beaucoup plus compact, les vaisseaux plus rares,

certain, surtout les plus internes sont aplatis, allongés en direction radiale. L'anneau ligneux n'est plus circulaire et à la même forme que la cavité médullaire.

Les cellules réunissant les îlots de fibres situés en dehors des faisceaux et qui étaient allongées tangentiellement, dans la tige normale, ne le sont plus et ne présentent plus non plus de parois radiales ; leur diamètre radial atteint 32 à 35 μ alors que leur diamètre tangentiel ne dépasse pas 94 μ et n'atteint ces chiffres que très rarement.

Quant aux cellules du collenchyme, elles sont très allongées radialement en face de l'affaissement de l'anneau ligneux et beaucoup moins en face des point d'appui. Ces cellules du collenchyme présentent de jeunes parois, disposées tangentiellement, que nous appellerons secondaires et qui sont très facilement reconnaissables car elles sont très fines et n'ont pas eu le temps de devenir collenchymateuses, tandis que l'on reconnaît les parois primitives aux épaississements collenchymateux qui apparaissent sur la photographie (phot. 22, pl. XVI) comme des bandes parallèles à la périphérie. Ces cellules primitives du collenchyme, très étirées radialement, ont des dimensions variables suivant les endroits ; elles peuvent atteindre 131 μ en direction radiale alors que leur direction tangentielle peut tomber à 21 ou 22 μ .

Nous retrouvons donc, ici, un premier résultat : c'est qu'en supprimant l'étirement tangentiel, nous avons empêché les divisions radiales des cellules réunissant les îlots de fibres ; mais, nous trouvons un autre résultat, nouveau cette fois, c'est l'allongement radial du collenchyme avec formation de parois tangentielles jeunes. Nous discuterons, plus loin, ce résultat, mais, nous sommes déjà tentés de l'expliquer ainsi : du fait des formations secondaires et de la multiplication des cellules du bois l'anneau a tendance à s'accroître tangentiellement ; la bague l'en empêchant, il se trouve donc soumis à de très grandes forces tangentielles ; il se produit, alors en un endroit de moindre résistance un fléchissement. Nous avons déjà expliqué comment ce fléchissement pouvait se produire dans notre chapitre sur l'Erable (voir page 78-79). Ce fléchissement du bois amènerait une traction en direction radiale sur les cellules externes ce qui provoquerait un étirement radial de ces cellules, qui se diviseraient ensuite par des parois perpendiculaires à la direction de

l'étirement. On pourrait expliquer autrement l'allongement radial du collenchyme, en faisant intervenir pour ce tissu les forces tangentielles que nous avons supposé exister pour le bois ; les cellules comprimées latéralement s'étendraient vers les points de moindre résistance, c'est-à-dire vers la moelle. Nous discuterons cette hypothèse sans la rejeter complètement, dans le chapitre suivant.

Dans l'exemplaire A, les faits sont analogues, mais, la cavité médullaire étant très réduite au moment où la bague fut posée, le fléchissement qui s'est fait en trois endroits a eu pour effet de combler cette cavité ; une fois celle-ci comblée, le fléchissement s'est arrêté, et, par suite, l'étirement des cellules externes consécutif à ce fléchissement ; l'étirement n'a pas eu le temps d'être suffisamment fort pour provoquer les divisions cellulaires. Les cellules ont bien été étirées, mais moins que dans l'exemplaire E ; dans ce dernier, la cavité était très grande et n'a pas pu se combler entièrement ; le fléchissement a été plus important, l'étirement aussi et les cellules se sont divisées.

Nous aurions donc, ici, modifié la direction de l'étirement qui, de tangentielle, serait devenue radiale, et provoqué des divisions cellulaires, tout à fait anormales, dès que l'étirement aurait atteint une intensité suffisante.

g) Tige d'*Helianthus annuus* L.

Nous nous sommes attachés particulièrement à l'étude de cette plante, non parce qu'elle n'avait pas été étudiée, mais, au contraire, parce que deux chercheurs qui avaient déjà expérimenté sur elle avaient trouvé des résultats différents, et nous avons cherché à expliquer la cause de cette divergence. Nous faisons ici allusion aux travaux de W. GRABERT et de Mme BLOCH (voir page 79 et 82). En effet, W. GRABERT [83] avait trouvé un allongement radial des tissus périphériques analogue à celui que nous avons trouvé pour le *Dahlia*, allongement que n'a pas trouvé Mme BLOCH. Nous nous permettons de reproduire ici quelques lignes extraites du travail de Mme BLOCH [16, p. 194-195].

« GRABERT, pour les tiges de végétaux à croissance rapide qu'il met en expérience, utilise un enveloppement de plâtre paraffiné. Il prépare un moule légèrement plus grand que la tige et formé

« de deux parties qui s'appliquent l'une contre l'autre et qui entourent complètement la tige. Pour rendre ce plâtre étanche, il enduit sa surface d'une solution légère de paraffine dans du xylol. Si j'insiste sur le matériel employé par GRABERT, c'est parce que ce dernier obtient des déformations anatomiques (allongement radial des cellules de la région périphérique, du collenchyme, en particulier) qui n'existent pas, chez les mêmes espèces, quand on emploie le verre. J'ai pu le constater d'une façon certaine, le hasard, — ce dieu des expérimentateurs, — m'ayant amenée à me servir aussi de la tige d'*Heliantus annuus*, alors que les expériences de GRABERT étaient inédites. Il y concordance, en général, entre nos résultats, mais, l'altération des tissus périphériques qu'il signale ne me paraît pas explicable par une action mécanique, et ces modifications sont dues sans doute à un autre excitant (probablement chimique). ».

Nous avons posé de nombreuses bagues sur ces plantes en 1931 et avons refait d'autres expériences en 1932. Ces bagues, posées à des époques différentes, ont aussi été enlevées à des époques différentes. Nous ne décrirons pas tous ces exemplaires qui n'ont eu qu'un intérêt, celui de nous donner à nous-même plus de force dans l'assertion de notre hypothèse. Nous n'en signalerons que cinq et nous n'en décrirons que trois en détail. Pour plus de commodité, nous les désignerons par des lettres et nous mettrons en face de chaque lettre la date de la pose de la bague et celle de la cueillette de l'entre-nœud.

Exemplaire A.	25 mai	— 16 août.
—	B. 13 juin	— 25 septembre.
—	C. 11 juillet	— 21 juillet.
—	D. 11 juillet	— 4 août.
—	E. 12 août	— 7 octobre.

La date de la récolte de nos exemplaires (à condition que la tige ait eu le temps de croître) ne semble pas avoir un très grande influence sur les phénomènes qui nous intéressent, l'exemplaire B donnant sensiblement les mêmes résultats que l'exemplaire A, l'exemplaire C que l'exemplaire D, ce dernier ressemblant plus à l'exemplaire E qu'à l'exemplaire A. Mais, il n'en est pas de même de la date de la pose de la bague ni du diamètre de la tige.

Nous nous contenterons de décrire les exemplaires A et E qui présentent les deux types principaux de modifications, et l'exem-

plaire D qui, par certains points, nous aidera à appuyer nos hypothèses.

Nous ne décrivons pas la tige d'*Helianthus annuus* normal, sensiblement semblable à celle d'*Hélianthus tuberosus*, cette dernière étant décrite et souvent figurée un peu partout; nous renvoyons par exemple aux ouvrages de G. MEYER [177, p. 351], G. FRON [70, p. 176, fig. 115], A. FLATTERS [63, pl. 4]. Nous nous contenterons donc de rappeler ici quelques détails.

« A l'état adulte, la tige possède des faisceaux libéro-ligneux isolés les uns des autres et s'accroissant par une assise génératrice qui fonctionne de très bonne heure dans l'intérieur de chaque faisceau, mais, assez tard dans l'intervalle » (G. FRON). — « Les faisceaux sont encore libres dans une tige de 5 mm. de diamètre, le cambium interfasciculaire n'apparaît que dans les parties de la plante dont l'épaisseur atteint 7 à 9 mm. Ce cercle est complètement fermé dans une tige de 15 mm, car dans l'intervalle le cambium interfasciculaire a intercalé de nouveaux faisceaux entre les anciens ». (G. MEYER).

Dans une tige âgée, « les cellules de la moelle les plus centrales sont mortes ». (G. MEYER).

« Chaque faisceau libéro-ligneux est surmonté vers l'extérieur d'un massif de fibres péricycliques constituant autant de cordons de résistance pour la tige ». (G. FRON).

Exemplaire A

Bague posée le 25 mai et enlevée le 16 août.

Diamètre de la partie encerclée : 4 mm. et de la partie normale en-dessous de la bague : 5 mm. 8.

La partie *normale* (phot. 23, pl. XVI) présente un épiderme formé de cellules allongées tangentiellement, (diamètre tangentiel 46 à 55 μ , radial 14 à 15 μ). une écorce collenchymateuse vers l'extérieur, (dont les cellules de l'assise sous-épidermique mesurent en direction tangentielle 35 à 44 μ et en direction radiale 17 à 20 μ); viennent, ensuite, plusieurs assises de cellules de forme variées, devenant de plus en plus grosses et lacuneuses quand on avance vers l'intérieur, allongées tangentiellement et présentant des divisions radiales; ces cellules peuvent atteindre 110 à 120 μ de diamètre tangentiel.

Entre les gros faisceaux ligneux sont intercalés un grand nombre de cellules ligneuses.

La moelle présente, entre la pointe des faisceaux, des cellules allongées tangentiellement avec divisions radiales et pouvant atteindre $200\ \mu$ (phot. 23 pl. XVI). Elle ne présente pas de cavité en son centre.

Dans la partie *encerclée*, (plot. 24, pl. XVI) l'épiderme ne mesure que $17\text{ à }29\ \mu$ en direction tangentielle et $20\ \mu$ en direction radiale. L'assise sous-épidermique n'a en moyenne que $20\text{ à }21\ \mu$ de diamètre tangentiel et $20\text{ à }23\ \mu$ de diamètre radial ; les cellules du parenchyme cortical ne sont pas allongées tangentiellement mais sont plutôt arrondies ; elles ne dépassent pas $58\ \mu$ de diamètre tangentiel. Pas de parois radiales dans ces cellules.

Entre les gros faisceaux du bois, il s'est intercalé beaucoup moins de cellules que dans la tige normale. Les vaisseaux internes du bois sont écrasés (comme dans la fig. 30 de W. GRABERT). Les cellules médullaires entre les pointes des faisceaux ne sont pas étirées tangentiellement et ne présentent pas de division, elles sont analogues à celles du reste de la moelle. (phot. 24, pl. XVI).

En supprimant l'étirement tangentiel nous avons donc, encore une fois, supprimé les divisions cellulaires provoquées par cet étirement dans le parenchyme cortical et dans les cellules de la moelle situées entre les pointes des faisceaux.

Dans cette tige jeune, de faible diamètre, à moelle vivante, et sur laquelle nous avons posé la bague très tôt, nous ne voyons pas d'allongement radial des cellules du collenchyme analogue à celui constaté par W. GRABERT, et nos résultats sont donc plutôt conformes à ceux de Mme BLOCH. Il n'en sera pas de même avec l'exemplaire suivant.

Exemplaire E

Bague posée le 12 août et enlevée le 7 octobre. Le diamètre de la partie encerclée est de 10 mm. et celui de la partie normale au-dessus de la bague : 14 mm.

Dans la partie *normale* (phot. 25, pl. XVII), les cellules du collenchyme sont allongées tangentiellement. Elles présentent dans les assises externes un diamètre tangentiel d'environ $55\text{ à }90\ \mu$ et radial de $25\text{ à }35\ \mu$; dans les assises plus internes, par exemple

dans la quatrième, le diamètre tangentiel est de 30 à 65 μ et le diamètre radial de 15 à 30 μ .

Dans la partie *encerclée*, dont nous donnons la photographie d'une coupe (phot. 26, pl. XVII), nous voyons deux sortes de réaction à l'encercllement. A droite de la photographie, les cellules du collenchyme sont analogues à celles observées dans l'exemplaire A. Dans les assises externes, le diamètre tangentiel des cellules varie de 30 à 50 μ et le diamètre radial de 20 à 25 μ , dans les assises plus intenses (4^e), les cellules ont un diamètre tangentiel qui varie de 20 à 25 μ et un diamètre radial qui varie de 14 à 21 μ . Il n'y a pas d'allongement radial. Ce cas donne donc des résultats analogues à ceux trouvés dans l'exemplaire A, d'accord avec les observations de Mme BLOCH.

Mais dans la partie gauche de la photographie, nous voyons que les cellules du collenchyme sont très allongées radialement, allongement pouvant aller jusqu'à 130 ou 135 μ . Ces cellules présentent de plus une, deux ou trois cloisons tangentielles. Nous retombons sur les observations de W. GRABERT.

Nous verrons plus loin, en essayant d'expliquer la forme de ces cellules, que dans l'exemplaire D qui a 5 mm. seulement de diamètre, nous retrouvons quelques cellules étirées radialement, mais moins fortement.

Nous trouvons donc des déformations, tantôt comme W. GRABERT, tantôt comme Mme BLOCH, et nous pouvons déjà faire une première constatation, c'est que si nous mettons les bagues tôt et sur des individus assez minces dans lesquels la moelle est très vivante, nous obtenons les résultats de Mme BLOCH, mais si nous les mettons plus tard et sur des exemplaires plus gros, nous retrouvons en partie les résultats de W. GRABERT. Donc il y a un rapport entre cet allongement radial et l'âge, et par conséquent l'absence de moelle. Si nous rapprochons de ces résultats que pour les expériences sur *Rosa*, *Prunus Laurocerasus* et *Cornus mas* dans lesquels la moelle est rigide, nous n'avons pas trouvé cet allongement radial, et que chez *Dahlia* cet allongement cesse dès que la moelle est comblée, on ne peut pas nier le rôle que peut jouer dans cet allongement la présence, dans la moelle, d'une cavité ou de cellules mortes.

Mme BLOCH dit, dans le passage que nous avons cité plus haut,

que ces déformations n'existent pas si l'on emploie du verre, mais qu'elles sont dues à la technique de W. GRABERT et probablement à une excitation chimique. Mais un auteur antérieur, F. C. NEWCOMBE, dont W. GRABERT critique une théorie dans son chapitre sur *Cucurbita Pepo*, avait décrit, en 1893 [202] et en 1894 [203], dans deux autres articles, (que ne cite plus W. GRABERT), chez des plantes variées, notamment *Althaea tauriensis*, *Urtica dioica*, *Dahlia variabilis*, *Melanthus major*, *Ricinus communis* et enfin sur le même *Cucurbita Pepo* que décrit W. GRABERT, des cellules analogues à celles signalées par W. GRABERT. F. C. NEWCOMBE avait donc trouvé des cellules allongées radialement comme W. GRABERT et avait, lui, employé du plâtre à l'eau simplement séparé de la plante par du papier fort (1) sans paraffine ni xylol et par conséquent l'excitation chimique mise en cause par Mme BLOCH pour expliquer les résultats de W. GRABERT n'aurait pas été évoquée si cet auteur avait eu connaissance du travail de F. C. NEWCOMBE. Nous avons vu qu'en employant une autre technique, caoutchouc entouré de plomb, nous avons retrouvé les résultats des deux auteurs. Mais F. C. NEWCOMBE avait aussi montré que ces allongements radiaux ne se faisaient pas toujours, mais seulement quand la résistance du centre n'était pas grande, par conséquent quand la moelle s'était déchirée ou commençait à se déchirer. Il a aussi montré qu'en empêchant la tige de grossir, on empêche la formation de la cavité centrale et l'on maintient la moelle vivante.

Alors ne peut-on pas ainsi mettre d'accord les deux auteurs, 1^o) la technique employée ne joue aucun rôle ; 2^o) Mme BLOCH, elle, a opéré sur des tiges très jeunes. A la page 204, elle donne comme diamètres des tiges d'*Helianthus* mises dans des tubes de verre : 3 et 2 mm. et à la page 225 : 2 mm. à 2 mm. 5 (ces tiges sont plus minces par conséquent que notre exemplaire A de diamètre 4 mm.). A cet âge la cavité médullaire n'était pas encore formé et l'étiement radial n'avait pu se faire. W. GRABERT, lui, ne donne pas le diamètre de la partie de la tige encerclée, ni l'époque de la mise en expérience, mais tout porte à croire ou bien que la tige devait être plus épaisse

(1) When a plant organ was to be encased, an envelope of stiff paper was fitted around the object, and a thick mixture of gypsum and water poured into the mould [202, p. 3].

ou bien que le moule était plus large que la tige, et que cette dernière avait continué à croître en diamètre après la pose du moule, et alors rien d'étonnant à ce qu'il ait trouvé l'allongement que nous avons trouvé également dans nos exemplaires E, C et D.

Revenons à notre exemplaire et essayons d'expliquer cet allongement radial, l'excitation chimique proposée par Mme BLOCH étant rejetée. F. C. NEWCOMBE [202] [203] l'explique ainsi : « Quand la résistance du centre n'est pas grande et que la plante ne peut se développer radialement, les tissus croîtront vers le centre » [202, p. 49]; « les cellules corticales enfonçant vers le centre toutes les cellules qui se trouvent plus à l'intérieur obligent ainsi toutes les autres cellules à s'allonger dans le sens radial (p. 29) ».

W. GRABERT aussi explique cet allongement par une croissance des tissus corticaux vers le point de moindre résistance.

Ces explications ne nous paraissent pas du tout invraisemblables et il nous semble même très tentant d'expliquer par cette croissance vers le point de moindre résistance l'allongement des tissus corticaux, il est probable que ce processus doit jouer, mais est-il seul ? C'est, nous semble-t-il, donner une trop grande part aux tissus corticaux, car, dans les tiges normales, les tissus périphériques ont généralement une croissance plutôt passive provoquée par une traction tangentielle (comme le montre leur forme elle-même) due au fonctionnement de l'assise libéro-ligneuse. Admettre que ce sont ces cellules corticales (qui normalement ne s'allongent que le juste nécessaire pour permettre à la tige de grossir) qui poussent l'anneau ligneux vers le centre, nous paraît un peu exagéré, car, le collenchyme a une division plus passive, provoquée par la multiplication des assises plus internes ; nous préférons donc attribuer plus d'importance aux divisions de l'assise génératrice libéro-ligneuse qui, devant normalement se diviser, se divise dès qu'elle le peut, et il est plus vraisemblable que ce sont les cellules produites par cette assise qui, en se multipliant, provoquent le fléchissement du bois vers le point de moindre résistance. Elles ont moins de mal que les cellules du collenchyme à écraser la cavité, et nous préférons recourir à l'explication que nous avons donnée pour le *Dahlia* : par l'intercalation des nouvelles cellules du bois il se produit de grandes forces tangentielles dans

l'anneau ligneux qui finit par fléchir en un ou plusieurs endroits, d'où traction sur les tissus externes.

Dans la photographie de notre exemplaire E d'*Helianthus*, nous voyons un de ces fléchissements. La moitié gauche a fléchi, la moitié droite restant fixe, et la charnière ayant lieu au milieu de la coupe. A cet endroit, les pointes des faisceaux arrivent à se toucher. Le collenchyme de la partie gauche est étiré radialement, celui de la partie droite ne l'est pas (phot. 26, pl. XVII).

Exemplaire D

Bague posée le 11 juillet et enlevée le 4 août.

Diamètre de la partie encerclée : environ 5 mm., diamètre de la partie normale au-dessus de la bague : 7 mm. 2.

Nous ne décrirons pas la partie normale, nous nous contenterons d'en donner une photographie (phot. n° 27, pl. XVII). Mais, nous tenons à signaler, dans la tige encerclée, un fait qui nous semble intéressant. Nous observons, en effet, dans la partie comprimée des fléchissements de l'anneau ligneux. Deux cas peuvent se présenter : ou bien le ou les paquets de fibres extérieures sont entraînés par le fléchissement du bois et le suivent dans son mouvement, il se produit alors une traction sur le collenchyme extérieur qui se trouve étiré radialement et se divise par des parois tangentielles (phot. n° 28, pl. XVII) ou bien le ou les paquets de fibres, qui « constituent autant de cordons de résistance pour la tige » (G. FRON p. 177), ne cèdent pas, alors les tissus situés entre ces fibres et le bois se déchirent sous l'action de la traction et il se produit une lacune à cet endroit. On voit sur la photographie n° 29 (pl. XVII) cette lacune et les cellules, entourant l'îlot de fibres, étirées et tendues montrant bien qu'il y a eu traction. A l'extérieur de ces paquets de fibres, qui n'ont pas cédé, les cellules ne sont pas étirées radialement (phot. n° 29, pl. XVII).

On pourrait être tenté de dire que ce sont les cellules du collenchyme qui, en croissant, à droite et à gauche de ces îlots de fibres, amèneraient cette traction des tissus bordant ces îlots, mais la photographie 30 (pl. XVIII) qui représente un début de fléchissement et de déchirure ne montre pas encore de collenchyme allongé

radialement ; les tissus corticaux ont suivi le fléchissement mais pas l'îlot de fibres.

En résumé, sur des tiges jeunes à moelle vivante non déchirée, nous observons comme conséquence de la présence de la bague une suppression de l'étirement tangentiel et des divisions cellulaires qui en résultaient, mais aucun allongement radial du collenchyme. (phot. 24, pl. XVI). Sur des tiges âgées à moelle déchirée, nous observons un large fléchissement de l'anneau ligneux et, en face de ce fléchissement, un étirement radial des cellules du collenchyme et des divisions de ces cellules par des parois tangentielles (phot. 26, pl. XVII). Sur des tiges intermédiaires nous voyons des débuts de fléchissement locaux. Si les paquets de fibres pérycycliques qui font résistance sont entraînés dans ce fléchissement, il y a allongement du collenchyme extérieur à ces paquets de fibres (phot. 28, pl. XVII) ; si ces cordons de fibres résistent, le collenchyme n'est pas étiré, mais l'on voit des cellules bordant ces îlots de fibres fortement étirées, indiquant qu'il y a eu traction, et il se produit des déchirures du tissu situé entre les fibres et le bois (phot. 29 et 30, pl. XVII).

On pourrait se demander pourquoi c'est le collenchyme seul qui se divise. Il nous est difficile de répondre : est-ce une question d'élasticité de la membrane ou est-ce parce que les cellules du collenchyme « contiennent pendant très longtemps un protoplasme vivant ou susceptible de vie » ? (E. GILTAY [80], p. 453).

Notons, en passant, que dans plusieurs tiges d'*Helianthus* encerclées, nous avons observé des racines adventives dans le bourrelet au-dessus de la bague, fait qu'avait déjà signalé d'ailleurs Mme BLOCH ; on les voit, nettement, dans la photographie n° 7 (pl. XIII) représentant une bague en place ; ces racines font saillie en-dessous du caoutchouc qui dépasse l'anneau de plomb. Le procédé qui consiste à provoquer des racines adventives en baguant avec un anneau métallique des pousses jeunes est d'ailleurs tombé dans la pratique et est utilisé pour la multiplication des végétaux ligneux, notamment à Berlin et en Argentine [117].

h) Tige de *Datura Stramonium* L.

Les résultats de nos expériences étant analogues dans les différents exemplaires, nous ne parlerons que de deux d'entre eux.

La description anatomique des tiges normales de Solanées se trouvant dans de nombreux ouvrages, nous renvoyons à ces derniers pour les détails, notamment à G. FRON [70] et à F. FÉDDE [61].

Nous rappellerons simplement que l'épiderme a une cuticule mince, que le parenchyme cortical, collenchymateux vers l'extérieur, possède des cellules internes plus grandes que les autres, que le péricycle présente des fibres en petit nombre et lignifiées tardivement, que les faisceaux libéro-ligneux sont réunis de bonne heure par une assise génératrice continue, que les vaisseaux ligneux les premiers formés sont comprimés par les cellules de parenchyme ligneux avoisinants et sont quelquefois écrasés.

Exemplaire A.

Bague posée le 12 août, cueillie le 14 septembre. Le diamètre de la partie encerclée est de 9 mm., celui de la partie normale au-dessous de la bague est de 12 mm.

Nous avons affaire, ici, à un exemplaire très vigoureux ; l'anneau ligneux est très important.

La partie *normale* présente une cavité circulaire au centre de la moelle.

L'épiderme est étiré tangentiellement et présente dans les cellules les plus allongées de jeunes parois radiales (phot. 31, pl. XVIII), le diamètre de ces cellules varie radialement de 16 à 27 μ , alors que, tangentiellement, il atteint souvent 87 μ . Nous retrouvons encore, ici, des cellules épidermiques étirées tangentiellement et qui se sont divisées à la suite de cet étirement.

L'assise sous-épidermique a des cellules bien plus grosses, mais qui sont aussi beaucoup plus allongées tangentiellement que radialement et qui montrent, du moins les plus allongées, de jeunes parois radiales ; les cellules de l'assise sous épidermique ont un diamètre radial variant de 28 à 46 μ alors que le diamètre tangentiel varie de 45 à 114 μ . Les cellules des assises plus internes du collenchyme sont

moins allongées que celles de l'épiderme ou de l'assise sous-épidermique ; mais le diamètre tangentiel l'emporte encore sur le diamètre radial. Dans une assise située au milieu du collenchyme, le rapport du diamètre tangentiel au diamètre radial des cellules varie de $\frac{45}{37}$ à $\frac{57}{3}$ et pour l'assise la plus interne du collenchyme de $\frac{75}{48}$ à $\frac{184}{71}$.

Le parenchyme cortical interne a de grosses cellules de taille variable, quelques unes isodiamétriques $\frac{164}{164}$, les autres étirées tangentielllement : le rapport $\frac{T}{R}$ pouvant atteindre $\frac{274}{68}$.

Les fibres péricycliques sont rares, quelques unes sont étirées tangentielllement ($\frac{T}{R} = \frac{35}{8}$) ; les cellules à membranes cellulósiques qui réunissent ces fibres entre elles ont subi, elles, un étirement considérable (phot. 32, pl. XVIII) et présentent quelquefois une paroi dirigée radialement ; les plus étirées ont leur rapport $\frac{T}{R}$ pouvant atteindre $\frac{262}{22} = 11,9$ ou $\frac{205}{16} = 12,8$ (dans ce dernier cas la cellule présente une jeune paroi radiale).

L'épaisseur totale de l'anneau libérien est d'environ 274 μ , celle du bois d'environ 1590 μ .

Les cellules de la moelle sont isodiamétriques.

Passons, maintenant, à la partie *encerclée*. Ce qui nous frappe, au premier coup d'œil, c'est (phot. n° 33, pl. XVIII) un fléchissement du bois et un aplatissement de la cavité médullaire en-dessous du fléchissement. Ce fléchissement s'est fait en prenant appui sur deux points diamétralement opposés. Les cellules les plus centrales de la moelle sont aplaties, et allongées radialement en face de ces deux points.

Nous décrivons, en même temps, les tissus de la partie non-fléchiée et ceux qui sont situés en face du fléchissement.

Les cellules de l'épiderme sont peu allongées tangentielllement, le

rapport $\frac{T}{R}$ de leurs diamètres tangentiel et radial varie de $\frac{24}{30}$ à $\frac{38}{21}$ du côté non infléchi ; du côté du fléchissement, le rapport $\frac{T}{R}$ varie généralement de $\frac{27}{27}$ à $\frac{38}{35}$; il peut atteindre, assez rarement, $\frac{65}{38}$. On ne voit plus de jeunes parois radiales, ni du côté du fléchissement, ni du côté non infléchi ; nous avons donc, en supprimant l'étirement tangentiel, supprimé les divisions cellulaires.

Dans l'assise sousépidermique, du côté qui n'a pas fléchi, le rapport $\frac{T}{R}$ est en moyenne $\frac{35}{27}$; du côté du fléchissement, il varie de $\frac{27}{32}$ à $\frac{81}{46}$. Comme pour l'épiderme, on ne trouve plus, ici non plus, de parois radiales dans cette assise. Dans les assises plus internes du collenchyme, ce rapport varie, du côté non infléchi de $\frac{18}{18}$ à $\frac{54}{49}$, alors que du côté du fléchissement il varie de $\frac{37}{45}$ à $\frac{54}{84}$ les cellules sont donc plus allongées radialement du côté du fléchissement.

Le parenchyme cortical interne a ses cellules plus allongées en direction tangentielle du côté qui n'a pas fléchi ; du côté du fléchissement, elles sont sensiblement isodiamétriques.

Les fibres sont beaucoup moins étirées tangentiellement $\frac{T}{R} = \frac{30}{14}$ et le sont beaucoup plus rarement. Il en est de même des cellules qui réunissent les fibres ; alors que dans la tige normale le rapport $\frac{T}{R}$ de leurs dimensions atteignait 11,9 et 12,8, ici il ne dépasse pas 2,6 dans la partie non fléchie et 6,5 du côté du fléchissement.

L'épaisseur du liber est d'environ 219 μ du côté non fléchi et 343 μ du côté fléchi, et celle du bois 1.030 μ du côté non fléchi et 1580 μ en moyenne du côté du fléchissement. Le bois est beaucoup plus compact du côté non fléchi, les cellules et les vaisseaux sont plus petits.

De toutes les mesures précédentes il résulte qu'aux deux extré-

mités du grand diamètre de la cavité centrale, les cellules sont plus petites, celles du bois surtout, et donnent l'impression que la multiplication du liber et surtout du bois s'est traduite par de grandes forces tangentielles. Ces forces ont eu pour effet, comme nous avons déjà essayé de l'expliquer pour l'Erable et l'*Hélianthus*, de provoquer un fléchissement du bois qui a nécessité deux points d'appui, ici diamétralement opposés ; les cellules aux deux extrémités du grand diamètre, plus comprimées que les autres, se sont moins développées.

Le fléchissement du bois a ensuite refoulé, en partie, la moelle dans la cavité, ce qui a amené, également, une pression sur les cellules médullaires aux deux extrémités du grand axe de la cavité ; le fléchissement du bois aurait, de plus, entraîné radialement les cellules corticales, ou du moins leur aurait permis de s'accroître dans la seule direction où elles pouvaient le faire, c'est-à-dire radialement ; les cellules corticales du côté qui n'a pas fléchi, elles, n'ont pas eu cette possibilité et sont, en quelque sorte, restées dans l'état où elles étaient au moment de la pose de la bague. Elles n'ont pas pu s'accroître tangentiellement, puisque l'étirement tangentiel était supprimé par la bague, et, bien que soumises, peut-être, à des forces pressantes tangentielles, elles ne se sont pas non plus développées radialement à cause de la résistance de l'anneau ligneux qui, dans cet endroit, servait de point d'appui au mouvement de fléchissement et se trouvait immobilisé entre des forces tangentielles pressantes opposées.

Exemplaire B

Bague posée le 8 juillet, enlevée le 26 juillet. Le diamètre de la partie encerclée était aussi de 9 mm., mais la tige ayant été cueillie beaucoup plus tôt, les formations secondaires ont été beaucoup moins importantes que dans l'exemplaire précédent. Nous ne décrirons pas dans le détail cet exemplaire, comparable au précédent, nous nous contenterons de donner deux photographies, l'une (phot. 34, pl. XVIII) de la partie normale, l'autre (phot. 35, pl. XVIII) de la partie encerclée. La cavité médullaire est circulaire dans la tige normale, alors qu'elle a une forme elliptique dans la partie encerclée. Le bois présente un fléchissement en face de la partie refoulée de la moelle. Du côté qui n'a pas subi de fléchissement (à droite, sur

la phot. 35, pl. XVIII) le bois et le liber se sont beaucoup moins développés.

Les cellules du parenchyme cortical, un peu plus allongées tangentiellement que radialement dans la tige normale, sont sensiblement isodiamétriques dans la partie encerclée.

Les cellules du collenchyme, également allongées tangentiellement dans la tige normale, sont, dans la partie encerclée, allongées radialement, en face du fléchissement, mais pas du côté qui ne s'est pas infléchi.

Nous retrouvons, en somme, les mêmes résultats que pour l'exemplaire précédent.

i) Tige de *Ricinus communis* L.

Exemplaire A

Bague posée le 6 août, enlevée le 18 août.

Diamètre moyen de la partie encerclée : 11 mm. 5.

Diamètre moyen de la partie normale au-dessus de la bague : 16 mm. 7.

Nous ne décrivons pas l'anatomie normale du Ricin, que l'on peut trouver facilement, notamment dans la thèse de L. GAUCHER [73].

La partie *normale* au-dessus de la bague montre en coupe transversale un épiderme formé de cellules carrées ou rectangulaires de diamètre tangentiel variant de 25 à 30 μ , et de diamètre radial variant de 23 à 27 μ .

Les cellules de l'écorce, collenchymateuses dans les assises périphériques, ont en moyenne les dimensions suivantes en partant de l'extérieur :

1 ^{re} assise :	$\frac{\text{diamètre tangentiel}}{\text{diamètre radial}}$	$= \frac{34 \text{ à } 47}{37 \text{ à } 38}$
2 ^e —	$\frac{T}{R}$	$= \frac{26 \text{ à } 35}{34 \text{ à } 41}$
12 ^e —	$\frac{T}{R}$	$= \frac{43 \text{ à } 50}{31 \text{ à } 44}$
Parenchyme cortical interne	$\frac{T}{R}$	$= \frac{43 \text{ à } 61}{89 \text{ à } 111}$

La cavité de la moelle est circulaire et a un diamètre de 6 mm. 5

Dans la partie *encerclée*, nous remarquons que la cavité centrale s'est en partie comblée, qu'elle présente une forme aplatie comme dans le *Dahlia*, le *Datura*, etc... ; un fléchissement du cercle libéro-ligneux s'est produit en prenant appui sur deux points diamétralement opposés ; l'épaisseur de la cavité n'est plus que de 1 mm. environ.

Si nous comparons les parties externes situées du côté de la pointe de la cavité et du côté du fléchissement, nous observons des modifications anatomiques différentes.

Du côté qui n'a pas fléchi, l'épiderme a des cellules de diamètre tangentiel variant de 26 à 29 μ et de diamètre radial variant de 11 à 12 μ .

En partant de l'extérieur les assises du parenchyme cortical ont pour dimensions :

1 ^{re} assise	$\frac{T}{R} = \frac{23 \text{ à } 38}{20 \text{ à } 21}$
2 ^e —	$\frac{T}{R} = \frac{22 \text{ à } 25}{17 \text{ à } 22}$
12 ^e —	$\frac{T}{R} = \frac{28 \text{ à } 38}{42 \text{ à } 45}$
Parenchyme interne	$\frac{T}{R} = \frac{29 \text{ à } 58}{35 \text{ à } 93}$

Mais, en face de la partie fléchie, les cellules sont beaucoup plus allongées radialement :

Epiderme	$\frac{T}{R} = \frac{17 \text{ à } 24}{17 \text{ à } 21}$
1 ^{re} assise du parenchyme cortical	$\frac{T}{R} = \frac{25 \text{ à } 30}{25 \text{ à } 30}$
2 ^e —	$\frac{T}{R} = \frac{17 \text{ à } 30}{43 \text{ à } 44}$
12 ^e —	$\frac{T}{R} = \frac{20 \text{ à } 25}{55 \text{ à } 75}$
Parenchyme interne.	$\frac{T}{R} = \frac{34 \text{ à } 44}{105 \text{ à } 120}$

Nous retrouvons encore ici un affaissement de la moelle, un fléchissement du cercle libéro-ligneux, un allongement du collenchyme en face du fléchissement.

j) **Tige de *Phytolacca decandra* L.**

Les conclusions concernant les différents exemplaires de cette plante étant analogues à celles qui ont été exposées dans les chapitres précédents, nous décrirons très brièvement un seul exemplaire.

La bague est resté en place du 24 juin au 8 juillet.

Le diamètre de la partie encerclée est de 7 mm. 4 et dans la région normale au-dessous de la bague : 10 mm. 6.

Nous renvoyons pour la description des tiges normales des Phytolaccacées aux ouvrages de REGNAULT [238] et de C. SCHULZE [268].

Dans la partie *normale* (phot. 36, pl. XVIII) de notre exemplaire, les cellules de l'épiderme sont allongées tangentiellement ; elles ont, une épaisseur radiale moyenne de $19\ \mu$ et une longueur tangentielle variant de 32 à $44\ \mu$; les plus allongées présentent une jeune paroi radiale.

Les cellules du collenchyme ont des dimensions plus variables : dans le sens radial elles varient de 16 à $38\ \mu$, dans le sens tangentiel de 18 à $44\ \mu$.

Les cellules du parenchyme cortical interne varient également de taille. Certaines sont à peine plus allongées tangentiellement que radialement, mais la plupart le sont beaucoup plus. Les dimensions radiales varient de 26 à $49\ \mu$, et, les dimensions tangentielles de 32 à $122\ \mu$. Parmi les plus étirées, par exemple parmi celles dont le rapport $\frac{T}{R}$ atteint 2,5 ou même 2,2, nous en trouvons plusieurs présentant de jeunes parois radiales.

La cavité médullaire commençait à se former.

Dans la partie *encerclée*, nous voyons que la moelle présente une très petite cavité.

Les cellules de l'épiderme sont beaucoup plus petites que dans la partie normale : leur diamètre radial égale en moyenne $15\ \mu$ et leur diamètre tangentiel varie de 13 à $30\ \mu$; elles ne présentent pas de jeunes parois radiales.

Nous observons des fléchissements de l'anneau libéro-ligneux qui sont moins marqués que dans les tiges précédemment décrites car ils s'étendent sur une grande longueur ; comme dans les tiges précédentes, les cellules du collenchyme sont très étirées radialement en face de ces fléchissements (phot. 37, pl. XVIII) : leur diamètre tangentiel varie de 10 à 14 μ alors que leur dimension radiale atteint facilement 87 μ .

Dans les régions qui ne sont pas situées en face des fléchissements, les cellules du collenchyme ne sont pas étirées : leur dimension tangentielle varie en effet de 13 à 17 μ , leur dimension radiale de 10 à 19 μ .

Les cellules du parenchyme cortical interne sont également plus allongées radialement en face des fléchissements, leur dimension tangentielle est, en moyenne, de 53 μ et leur dimension radiale varie de 54 à 79 μ .

CONCLUSIONS

Nous allons essayer, maintenant, de dégager les principaux résultats de ces recherches :

1^o Nous avons montré que des étirements de cellules existent chez les végétaux et qu'ils sont, le plus souvent, suivis de divisions cellulaires par des parois perpendiculaires à la direction de la traction.

2^o Nous avons montré que des phénomènes d'étirement peuvent être provoqués par des formations anormales pathologiques (galles), qu'ils sont suivis également de divisions cellulaires et nous en avons profité pour étudier plus en détail deux de ces galles qui ne nous semblaient pas avoir été étudiées avant nous.

3^o Nous avons montré qu'en modifiant la forme d'un organe (fruit de Potiron), nous avons provoqué des phénomènes d'étirement suivis de divisions cellulaires.

4^o Nous avons montré qu'en empêchant, avec des bagues, la croissance en épaisseur des tiges et par conséquent l'étirement tangentiel des cellules, nous avons également empêché les divisions cellulaires qui se produisent généralement à la suite de cet étirement.

5^o Enfin, dans quelques unes de ces tiges, celles à moelle creuse, nous avons observé un étirement radial de certains tissus périphériques, suivi de divisions cellulaires par des parois perpendiculaires à l'allongement des cellules, c'est-à-dire par des parois tangentielles ; et nous avons essayé d'expliquer cet étirement par une traction sur les tissus externes provoquée par un fléchissement du bois ; un certain nombre de faits à l'appui nous ont autorisé à exprimer cette hypothèse. Nous ne rejetons pas, systématiquement, celle qui consiste à admettre que c'est le collenchyme et l'écorce qui, se développant vers le point de moindre résistance, refouleraient le bois vers l'intérieur ; il est probable que les deux facteurs interviennent en même temps. Mais étant donné :

que, dans les tiges normales, les tissus périphériques sont étirés passivement et ne s'accroissent que juste ce qu'il faut pour suivre la croissance des tissus plus internes ;

que, dans l'Erable, nous avons observé un fléchissement de l'anneau ligneux sans allongement radial des cellules de l'écorce ;

que, dans l'*Helianthus*, nous avons vu que les fléchissements du bois ne s'accompagnaient pas d'un allongement radial des cellules du collenchyme quand un faisceau de fibres, se trouvant entre les deux tissus, ne se laissait pas entraîner par le fléchissement, qu'il se produisait, alors, une déchirure des cellules situées entre les fibres et le bois (phot. 29 et 30, pl. XVII) et une traction sur les cellules bordant le paquet de fibres ;

nous préférons expliquer le fléchissement du cercle ligneux par les forces tangentielles dues à l'intercalation continuelle du nouveau bois dans l'anneau préexistant, fléchissement facilité peut-être un peu par la poussée du liber. [Ce dernier est en effet souvent plus épais en face du fléchissement (Erable, phot. 15, 16 pl. XV, *Datura*, phot. 33 et 35 pl. XVIII), épaississement dû, en grande partie d'ailleurs, à ce que les cellules sont plus allongées radialement] et peut-être aussi, mais faiblement, par la poussée de l'écorce (bien qu'on puisse éliminer cette poussée dans l'Erable et l'*Helianthus*).

A nos conclusions concernant les tiges encerclées, on peut formuler une objection sérieuse, c'est qu'il s'est ajouté un autre facteur : la *pression*.

Nous ne reviendrons pas, ici, sur les faits qui nous ont permis d'attribuer à l'étirement la formation des parois tangentielles dans les cellules allongées radialement que nous avons rencontrées dans les tissus périphériques de nos tiges creuses ; nous discuterons simplement le rôle possible de la pression sur les divisions cellulaires. Pour cela nous diviserons les cas étudiés dans ce travail en deux groupes :

1^{er} groupe : Cas normaux (Gui), cas pathologiques (Galles), cas des tiges pleines (Rosier, Laurier-cerise, Cornouiller, Erable) ou à moelle non encore déchirée (*Helianthus* jeune).

De deux choses l'une :

a) ou bien la compression empêche les divisions cellulaires, alors ce n'est pas elle qui peut provoquer les divisions tardives que nous avons observées dans les tiges normales ou dans les galles.

b) ou bien la compression provoque les divisions cellulaires, alors pourquoi observe-t-on moins de divisions dans les tiges avec des bagues ?

II^e groupe : Cas des tiges creuses :

a) ou bien la compression empêche les divisions cellulaires, alors ce n'est pas elle qui provoque les divisions anormales que nous avons observées.

b) ou bien la compression provoque des divisions cellulaires, dans ce cas nous savons d'après KNY que les membranes se forment parallèlement à la force. Comment cette dernière est-elle dirigée dans nos tiges encercées ? — Deux hypothèses :



Fig .21.

1^o la pression serait dirigée perpendiculairement à la surface de la bague, alors elle provoquerait des divisions en désaccord avec la loi de KNY.

2^o la compression circulaire due à la bague se traduirait par des forces tangentielles (fig. 21), ce qui est plus probable. L'objection est, ici, plus sérieuse, car les membranes cellulaires nouvellement formées sont ici parallèles à la force, comme le veut la loi de KNY. Mais, en admettant même que l'on veuille expliquer l'allongement radial du collenchyme par ces pressions tangentielles, et non par la traction due au fléchissement de l'anneau ligneux, nous pouvons encore, pour la cellule, ramener cette explication à un étirement radial. Nous savons, en effet, que si nous emprisonnons une bulle de savon entre deux lames de verre, elle nous apparaît en section optique comme un système de cellules régulièrement hexagonales ; mais, si nous pressons les lames un peu plus l'une contre l'autre, les hexa-

gones se déforment (RHUMBLER cité par D'A. W. THOMPSON [288, p. 322, fig. 125]) et s'étirent parallèlement aux lames de verre, c'est-à-dire perpendiculairement à la force pressante.

En étudiant les galles d'*Oxya nebulosa* sur *Chrysanthemum Laucanthemum*, nous avons, par hasard, rencontré un jeune rhizome qui avait été comprimé en un endroit de sa surface par une jeune radicelle. Il s'était produit, à l'endroit de la compression, une légère concavité elliptique, dans laquelle la radicelle s'était, pour ainsi dire, nichée (il y a même eu, en certains points, concrescence des deux organes). Alors que les cellules corticales du rhizome étaient à

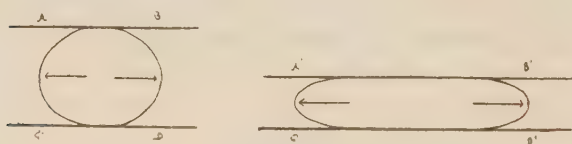


Fig. 22.

peine plus allongées tangentiellement que radialement et mesuraient environ $11\ \mu$ sur $8\ \mu$ (soit un rapport $\frac{T}{R} = 1,4$), celles de la partie comprimée, sous l'action de la pression, étaient fortement étirées tangentiellement et mesuraient environ $26\ \mu$ sur $6\ \mu$, soit un rapport $\frac{T}{R} = 4,3$; quelques unes de ces cellules s'étaient même divisées et présentaient une jeune paroi dirigée radialement.

Pour démontrer sa loi, L. KNY comprime des spores d'*Equisetum* ou des œufs de *Fucus* entre des plaques de verre et il estime que ces cellules sont comprimées quand les spores se sont aplaties ou quand des œufs ont éclaté. Mais, alors, puisque ces spores sont écrasées, elles ont du s'étendre parallèlement aux lames de verre (comme la bulle de savon) et pour ces cellules, le résultat n'est-il pas le même que si elles avaient été étirées par une traction externe ?

Quand on comprime un ballon de baudruche, plein d'un fluide quelconque, entre deux lames de verre, il y a diminution des dimen-

sions AC et BD et allongement des dimensions AB et CD (fig. 22) ; par conséquent le ballon s'étire (1).

Il en est exactement de même si l'on étire le ballon par une traction (fig. 23). Et alors pour nos cellules de *Dahlia*, *Helianthus*, *Datura*, *Ricinus*, *Phytolacca*, la traction radiale ou la compression tangentielle reviendrait au même et se ramènerait à un étirement provoqué dans une hypothèse par une traction externe, et dans l'autre par une augmentation de pression interne (cette augmentation existe sous l'action de la pression puisque une partie des œufs de *Fucus* comprimés par KNY arrivent à éclater).

Charlotte UMBREIT [294] étira avec des aiguilles des cellules adipeuses de l'homme et vit qu'elles prenaient des formes elliptiques.

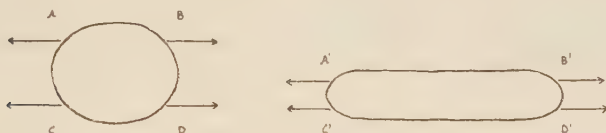


Fig. 23.

En les comprimant fortement elles subissent un allongement et un aplatissement. Les cellules comprimées représentées dans la fig. 2, de la page 401 de son article nous rappellent les cellules étirées observées dans notre Potiron et dans les cellules périphériques de la galle de Marguerite.

Quant à nos tiges du type *Rosa*, *Cornus*, *Prunus Laurocerasus*, la compression provoquée par la bague n'amène pas de divisions cellulaires parce que les cellules ne peuvent s'étirer dans aucun sens, et dans ces cas, la pression ne peut se ramener, pour la cellule, à un étirement.

Nous pouvons donc, il nous semble, dire que l'étirement des cellules provoque des divisions cellulaires et que ces divisions se font par des parois perpendiculaires à la direction de cet étirement.

(1) En réalité, il y a aussi augmentation du diamètre, perpendiculaire au plan de la figure, si le ballon est isolé, mais, nos cellules ne sont pas isolées et sont maintenues par les autres assises cellulaires situées au-dessus et au-dessous du plan de la coupe, et se comportent comme si le diamètre du ballon perpendiculaire au plan de la figure ne pouvait augmenter pour une raison quelconque (présence d'autres ballons ou d'un autre obstacle.)

Dans ce travail, nous nous sommes attachés pour ainsi dire uniquement à un facteur : l'étirement. Nous avons voulu, simplement, montrer que l'étirement des cellules, qui est très fréquent dans les tissus normaux et pathologiques des végétaux, avait une grande influence sur la forme des cellules, le nombre des divisions cellulaires et le sens de celles-ci, et quelle était cette influence ; mais, il est évident qu'il n'y a pas que ce facteur qui agisse sur les divisions cellulaires ; ils sont très nombreux et très complexes, et il serait vain de vouloir doser actuellement le rôle de chacun d'eux et de dire exactement où son action commence et quand elle cesse. Ce n'est que lorsque l'on connaîtra l'influence possible de chacun des facteurs que l'on pourra, un jour, arriver à préciser le rôle exact qui revient à chacun d'eux. Si ce modeste travail pouvait aider le savant à qui incombera cette tâche, notre but serait largement rempli.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

1. APPEL (Otto). — Über Phyto- und Zoomorphosen. Königsberg, Dr. v. R. Leupold, 1899. (*Dissert. Würzburg*).
2. BAILLON (H.). — Traité de botanique médicale phanérogamique. Paris, Hachette, 1884.
3. BALDRATI (I.). — Appunti di Cecidiologia. *Nuovo Giornale botanico italiano*. Nuova serie, vol. VII, 1900, pp. 5-95, pl. I-VI.
4. BALL (Oscar Melville). — Der Einfluss von Zug auf die Ausbildung von Festigungsgewebe. Leipzig, Borntraeger, 1903, (*Dissert. Leipzig*), et : *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIX, pp. 305-342, pl. VI-VII.
5. BARBER (Kate G.). — Comparative histology of fruits and seeds of certain species of Cucurbitaceae. *Botanical Gazette*, vol. XLVII, 1909, pp. 263-320.
6. BARSICKOW (Max). — Über das secundäre Dickenwachstum der Palmen in den Tropen. Würzburg, A. Stuber, 1901, (*Dissert. Würzburg*), et : *Verhandl. der phys.-med. Ges. Würzburg*, N. F. Bd. XXXIV, 1901, pp. 213-245.
7. BARY (A. de). — Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig, W. Engelmann, 1877, (*Handb. d. physiol. Bot.*, hrsg. v. Wilh. Hofmeister, Bd. III).
8. BATAILLON (E.). — Nouvelles recherches sur le mécanisme de l'évolution. Les premiers stades du développement chez les poissons et les Amphibiens. *Arch. zool. exp.*, sér. 3, t. V, 1897, pp. 281-317, pl. XIII-XIV.
9. BENECKE (W.) und JOST (L.). — Pflanzenphysiologie, Bd. II, Iéna, Fischer, 1923.
10. BERTRAND (C. Eug.). — Loi des surfaces libres. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. XXXI, 1884, pp. 2-12.
11. BESSER (Félix). — Beitrag zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie von Blüten- und Fruchtsielen. Lössnitz, Dr. v. C. W. Sulze, 1886. (*Dissert. Leipzig*).
12. BLOCH (Mme E.). — Sur quelques anomalies de structure des plantes alpines. *Rev. gén. de Bot.*, t. XXII, 1910, pp. 281-290.
13. BLOCH (Mme E.). — Sur les modifications produites dans la structure des racines et des tiges par une compression extérieure. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLVIII, 1914, pp. 1701-1703.

14. BLOCH (Mme E.). — Modifications anatomiques des racines par action mécanique. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXIX, 1919, pp. 195-197.
15. BLOCH (Mme E.). — Le rôle des actions mécaniques dans la croissance en épaisseur des racines et des tiges. *C. R. des Séances de la Soc. de Biol.*, 26 nov. 1921, pp. 984-986.
16. BLOCH (Mme E.). — Dissymétries de structure de rhizomes soumis à certaines actions mécaniques. Leur étude expérimentale. Paris, Masson, 1924, (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*), et, *Ann. Sc. nat., Bot.*, ser. 10 t., VI, 1924, pp. 169-224.
17. BOODLE (L. A.). — On lignification in the phloem of *Helianthus annuus*. *Ann. of Bot.*, vol. XVI, 1902, pp. 180-183.
18. BORDNER (John S.). — The influence of traction on the formation of mechanical tissue in stems. *Bot. Gazette*, vol. XLVIII, 1909, pp. 251-274.
19. BORN (G.). — Über Druckversuche an Froscheiern. *Anat. Anz.*, Bd. VIII, 1893, pp. 609-627.
20. BORN (G.). — Über neue Kompressionsversuche an Froscheiern. *Jahresber. der Schles. Ges. vaterl. Kultur*. Jahrg. LXXII, Abt. 2, b, 1894, pp. 47-56.
21. BOUYGUES (H.). — La pression de la zone cambiale proprement dite de la tige a-t-elle une influence sur l'orientation des cloisons de l'assise phellogénique. *Bull. Soc. bot. Fr.*, t. LXXVII, 1930, pp. 374-383.
22. BRAEM (F.). — Das Prinzip der organbildenden Keimbezirke und die entwicklungsmechanischen Studien von H. Driesch. *Biol. Centralbl.*, Bd. XIII, 1893, pp. 146-151.
23. BRAEM (F.). — Ueber den Einfluss des Druckes auf die Zelltheilung und über die Bedeutung dieses Einflusses für die normale Einfurchung. *Biol. Centralbl.*, Bd. XIV, 1894, pp. 340-353.
24. BROWNE (Ethel Nicholson). — Effects of pressure on *Cummingia* eggs. *Arch. Entw.-mech.*, Bd. XXIX, 1910, pp. 243-254.
25. BRUSH (W. D.). — The formation of mechanical tissue in the tendrils of *Passiflora caerulea* as influenced by tension and contact. *Bot. Gazette*, vol. LIII, 1912, pp. 453-477.
26. BÜCHER (Hermann). — Anatomische Veränderungen bei gewaltsamer Krümmung und geotropischer Induction. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLIII, 1906, pp. 271-360.
27. CAVE (Charles). — Structure et développement du fruit. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 5, t. X, 1868, pp. 123-190, pl. I-IV.
28. CHATIN (Ad.). — Anatomie comparée des végétaux. Plantes parasites. Paris, Baillière, 1892, 2 vol.
29. CIESLAR (A.). — Das Rothholz der Fichte. *Centralbl. f. d. ges. Forstwesen*, 1896, p. 149.
30. CONKLIN (Edwin G.). — Experimental studies on nuclear and cell division in the eggs of *Crepidula plana*. *Journ. Acad. nat. Sc. Philadelphia*, vol. XV, sér. 2, 1912, pp. 501-591, pl. XLIII-LIX.

31. CONNOLD (E. T.). — British vegetable Galls : introduction to their study. London, Hutchinson, 1901.
32. COSTANTIN (J.). — Etudes sur les feuilles des plantes aquatiques. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 7, t. III, 1886, pp. 94-162, pl. II-VI.
33. DAMM (Otto). — Ueber den Bau, die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften mehrjähriger Epidermen bei den Dicotyledonen. Cassel, Dr. v. Gebr. Gotthelft, 1901, (*Dissert. Basel*), et : *Beih. z. bot. Centralbl.*, Bd. XI, 1902, pp. 219-260.
34. DARWIN (Charles). — Les mouvements et les habitudes des plantes grimpantes, trad. de l'anglais sur la 2^e éd. par Richard Gordon. 2^e éd. Paris, C. Reinwald, 1890.
35. DECAISNE (J.). — Mémoire sur le développement du pollen, de l'ovule, et sur la structure des tiges du Gui (*Viscum album*). Bruxelles, Hayez, 1840. (*Extr. du t. XIII des Mém. de l'Ac. roy. de Bruxelles*).
36. DEDERER (Pauline H.). — Pressure experiments on the egg of *Cerebratulus lacteus*. *Arch.-Entw. mech.*, Bd. XXIX, 1910, pp. 225-242.
37. DENNERT (E.). — Anatomische Metamorphose der Blüthens-tandaxen. *Botanische Hefte. Forsch. aus dem Bot. Gart. zu Marburg*, t. II, 1887, pp. 128-217, pl. III.
38. DERSCHAU (Max v.). — Einfluss von Kontakt und Zug auf rankende Blattstiele... Frankfurt a. M., Dr. v. Werner und Winter, [1894], (*Dissert. Leipzig*).
39. DETLEFSEN (Emil). — Ueber Dickenwachsthum cylindrischer Organe. (*Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg hrsg. v. J. Sachs*, Bd II, pp. 18-45. Leipzig, W. Engelmann, 1882), (*Dissert. Würzburg*, 1877).
40. DETLEFSEN (Emil). — Versuch einer mechanischen Erklärung des excentrischen Dickenwachstums verholzter Achsen und Wurzeln (*Arbeiten des bot. Inst. in Würzburg hrsg. v. J. Sachs*, Bd. II, pp. 670-887, Leipzig, W. Engelmann, 1882).
41. DEVAUX (H.). — Recherches sur les lenticelles. Etude sur les conditions physiologiques de l'accroissement et de la différenciation de la cellule et des tissus. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 8, t. XII, 1900, pp. 1-229, pl. 1-6.
42. DEVAUX (H.). — Accroissement tangentiel des tissus situés à l'extérieur du cambium. *Mém. Soc. Sc. phys. et nat. de Bordeaux*, sér. 5, t. V, 1901, pp. 47-58.
43. DE VRIES (Hugo). — Ueber den Einfluss des Druckes auf die Ausbildung des Herbstholzes. *Flora*, Bd. XXX, 1872, pp. 241-246, et : De Vries (Hugo). — *Opera e periodicis collata*, vol. IV. Utrecht, A. Oosthoek, 1920, pp. 1-6.
44. DE VRIES (Hugo). — Ueber den Einfluss des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Verläufige Mittheilung. *Flora*, Bd. XXXIII, 1875, pp. 97-102, et : De Vries (Hugo). — *Opera e periodicis collata*, vol IV. Utrecht, A. Oosthoek, 1920, pp. 14-18.

45. DE VRIES (Hugo). — De l'influence de la pression du liber sur la structure des couches ligneuses annuelles. *Arch. néerl. des Sc. ex. et nat.*, t. XI, 1876, pp. 1-50, pl. I-VIII, et : De Vries (Hugo). — *Opera et periodicis collata*, vol. IV. Utrecht, A. Oosthoek, 1920, pp. 26-69, 8 pl.

46. DE VRIES (Hugo). — Ueber Wundholz. *Flora*, Bd. XXXIV 1876, pp. 2-8, 17-25, 38-45, 49-55, 81-88, 97-108, 113-121, 129-139, pl. I-III, et : De Vries (Hugo). — *Opera et periodicis collata*, vol. IV. Utrecht, A. Oosthoek, 1920, pp. 70-132. 3 pl.

47. DIPPEL (Léopold). — Das Mikroskop und seine Anwendung. Braunschweig, F. Vieweg u. Sohn, 1869, 2 vol.

48. DOULIOT (H.). — Recherches sur le périderme. *Ann. Sc. nat., Bot.* sér. 7, t. X, 1889, pp. 324-395.

49. DRIESCH (Hans). — Entwicklungsmechanische Studien. IV. Experimentelle Veränderungen des Typus der Furchung und ihre Folgen, (Wirkungen von Wärmezufuhr und von Druck). *Zeitschr. f. wiss. Zoologie*, Bd. LV, 1893, pp. 10-29, pl. II.

50. DRIESCH (Hans). — Zur Verlagerung der Blastomeren des Echinideneies. *Anat. Anzeiger*, Bd. VIII, 1893, pp. 348-357.

51. DRIESCH (Hans). — The science and philosophy of the organism. The Gifford lectures delivered before the University of Aberdeen in the year 1907. London, A. and Ch. Black, 1908.

52. DÜRKEN (Bernhard). — Lehrbuch der Experimentalzoologie. Experimentelle Entwicklungslehre der Tiere. 2te Aufl., Berlin, Borntraeger, 1928.

53. DUHAMEL du MONCEAU. — De l'exploitation des bois. 2^e partie. Paris, Chez H. L. Guerin et L. F. Delatour, 1764.

54. DUMORTIER (B. C.). — Recherches sur la structure comparée et le développement des animaux et des végétaux. Bruxelles, Hayez, 1832.

55. DUTROCHET (H.). — Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux. *Mém. du Muséum d'Hist. nat.*, t. VII, 1821.

56. DUTROCHET (H.). — Mémoires pour servir à l'histoire anatomique et physiologique des végétaux et des animaux, t. I. Paris, J.-B. Baillière, 1837.

57. EBERHARDT. — Modifications dans l'écorce primaire chez les Dicotylédones. *C. R. Ac. Sc.*, t. CXXXVIII, 1899, pp. 463-466.

58. EICHLER (A. W.). — Über die Verdickungsweise der Palmensämme. *Sitzungsber. Akad. d. wiss., Berlin*, Bd. XXVIII, 1886, pp. 501-508, pl. V.

59. ELFVING (Fredr.). — Zur Kenntniss der Krümmungserscheinungen der Pflanzen. *Oefversigt af Finska Vet.-Soc. Förhandl.*, Bd. XXX, 1887-88, pp. 98-102.

60. FAURE (A. L.). — Etude organographique anatomique et pharmacologique de la famille des Cornacées. Lille, Imp. Centrale du Nord 1924, (*Thèse Doct. Univ. Pharmacie. Lille*).

61. FEDDE (Friedrich). — Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Solanaceae. Breslau, A. Schreiber, s. d., (*Dissert. Breslau*, 1896)

62. FLASKÄMPER (Paul). — Untersuchungen über die Abhängigkeit der Gefäss- und Sklerenchymbildung von äusseren Faktoren, nebst einigen Bemerkungen über die angebliche Heterorhizie bei Dikotylen. *Flora*, Bd. CI (N. F. Bd. I), 1910, pp. 181-219.

63. FLATTERS (Abraham). — Methods in microscopical research. Vegetable histology. London, Manchester, Sherratt and Hughes, 1905.

64. FLOT (Léon). — Recherches sur la zone pérимédullaire de la tige. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 7, t. XVIII, 1893, pp. 37-112, pl. III-VI.

65. FOCKEU (H.). — Sur quelques cécidies orientales. *Rev. gén. de Bot.*, t. IX, 1897, pp. 48-57, 103-118, pl. 7-8.

66. FONTAINE (Maurice). — De l'action des fortes pressions sur les cellules végétales. *C. R. hebdomadaire des Séances de la Soc. de Biol.*, t. CI, 1929, pp. 452-454.

67. FONTAINE (Maurice). — Recherches expérimentales sur les réactions des êtres vivants aux fortes pressions. Paris, Ed. Blondel La Rougery, 1930, (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*), et : *Ann. de l'Inst. océanographique*, t. VIII, 1930, pp. 1-100.

68. FRANK (Albert Bernhard). — Beiträge zur Pflanzenphysiologie. Leipzig, W. Engelmann, 1868.

69. FRANKE (Max). — Beiträge zur Kenntniss der Wurzelverwachsungen. *Beitr. z. Biol. d. Pflanzen*, Bd. III, 1883, pp. 307-334, pl. XVI-XVII.

70. FRON (G.). — Traité élémentaire de manipulations de botanique appliqué à l'étude des plantes agricoles. Paris, Ch. Amat, 1907.

71. GARCIN (A. G.). — Recherches sur l'histogénèse des péri-carpes charnus. Paris, Masson, 1890, (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*, 1891) et : *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 7, t. XII, 1890, pp. 175-401, pl. 23-26.

72. GARNIER (Gabriel). — Sur une diptérocécidie florale : *Senecio Jacobaea* L. attaqué par *Stictodiplosis Jacobaeae* H. Löw. Paris, Jouve, 1928. (*Dipl. Et. sup. Paris*.)

73. GAUCHER (Louis). — Recherches anatomiques sur les Euphorbiacées. Paris, Masson, 1902 (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*), et : *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 8, t. XV, 1902, pp. 161-309.

74. GAUCHER (Louis). — La membrane cellulaire chez les végétaux. Montpellier, Imp. G. Firmin, Montane et Sicardi, 1904 (*Thèse Agrég. Pharmacie, Paris*).

75. GEHMACHER (A.). — Untersuchungen über den Einfluss des Rindendruckes auf das Wachstum und den Bau der Rinden. *Sitzber. K. K. Akad. Wiss. Wien*, Bd. LXXXVIII, Abt. 1, pp. 878-896, 1 pl.

76. GERBER (Albert). — Über die jährliche Korkproduktion im Oberflächenperiderm einiger Bäume. Halle, Buchdr. v. E. Karras, 1883 (*Dissert. Halle*).

77. GERTZ (O.). — Panachering hos *Mercurialis perennis*. *Botaniska Notize*, 1919. Cité d'après Küster [161].

78. GIARD (Alfred). — Note sur l'organe appelé *spatula sternalis* et sur les tubes de Malpighi des larves de Cécidomyes, *Bull. des Séances et Bull. bibliogr. de la Soc. entomol. de Fr.*, 1893, pp. LXXX-LXXXIV, (Suppl. aux *Ann. Soc. entomol.*, vol. LXII, 1893), et : Giard (Alfred) : Œuvres diverses. t. II. Paris, Labor. d'évol. des êtres organisés, 1913, pp. 453-457.

79. GIESENHAGEN (K.). — Studien über die Zellteilung im Pflanzenreiche. Ein Beitrag zur Entwicklungsmechanik vegetabilischer Gewebe. Stuttgart, Fr. Grub, 1905.

80. GILTAY (E.). — Sur le collenchyme. *Arch. néerl. des Sc. ex. et nat.*, t. XVII, 1882, pp. 432-459.

81. GIROD (Paul). — Manipulations de Botanique. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1895.

82. GÖBEL (K.). — Organographie der Pflanzen insbesondere der Archegoniaten und Samenpflanzen. 2 te Aufl. Teil I: Allgemeine Organographie. Iéna, G. Fischer, 1913.

83. GRABERT (Wilhelm). — Über den Einfluss allseitiger radialer Wachstumshemmung auf die innere Differenzierung des Pflanzens tengels. Halle, O. Lützenkirchen, 1914 (*Dissert. Halle*).

84. GRAVIS (A.). — Contribution à l'étude anatomique du raccourcissement des racines. *Ac. roy. Belg., Bull. de la Cl. des Sc.*, sér. 5, t. XII, 1926, pp. 48-69.

85. GRAY (Asa). — Darwin's movements and habits of climbing plants. *Scientific papers of Asa Gray selected by Charles Sprague Sargent*, t. I. London, Macmillan, 1889. pp. 158-180.

86. GREEMANN (Jesse More). — Monographie der nord- und centralamerikanischen Arten der Gattung. *Senecio. Botan. Jahrbücher...*, t. XXXII, 1903, pp. 1-33.

87. GROSSENBACHER (J. G.). — The periodicity and distribution of radial growth in trees and their relation to the development of « annual » rings. *Transact. of the Wisconsin Academy of Sc., Arts and Letters*, t. XVIII, 1916, pp. 1-77.

88. GUÉGUEN (F.). — Emploi du salicylate de méthyle en histologie. *C. R. des Séances et Mém. de la Soc. Biol.*, t. L, 1898, pp. 285-287.

89. GÜNTHART (A.). — Prinzipien der physikalischkausalen Blütenbiologie in ihrer Anwendung auf Bau und Entstehung des Blütenapparates der Cruciferen. Iéna, G. Fischer, 1910.

90. GÜNTHART (A.). — Über die bei der Blütenbildung wirkenden mechanischen Faktoren. *Die Naturwissenschaften*, Bd. I, 1913, pp. 1147-1151, 1167-1169.

91. GÜNTHART (A.). — Über die Entwicklung und Entwicklungsmechanik der Cruciferenblüte und ihre Funktion unter natürlichen und künstlichen Bedingungen. *Beih. z. bot. Centralbl.*, Bd. XXXV, Abt. 1, 1918, pp. 60-170.

92. HABERLANDT (G.). — Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd XIII, 1882, pp. 74-188, pl. III-VIII.

93. HABERLANDT (G.). — Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Laubmoose. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XVII, 1886, pp. 359-498, pl. XXI-XXVII.

94. HABERLANDT (G.). — Ueber experimentelle Hervorrufung eines neuen Organs an *Conocephalus ovatus* Trec.. *Botanische Unters. S. Schwendener*, zum 10. Februar 1899 dargebracht, Berlin, Borntraeger, 1899, pp. 104-119.

95. HABERLANDT (G.). — Physiologische Pflanzenanatomie. 3 te Aufl., Leipzig, W. Engelmann, 1904.

96. HABERMEHL (Karl). — Die mechanischen Ursachen für die regelmässige Anordnung der Teilungswände in Pflanzenzellen. Kaiserslautern, Thiemesche Dr., 1909 (*Dissert. Techn. Hochsch. München*).

97. HALLBAUER (Walter). — Über den Einfluss allseitiger mechanischer Hemmung durch einen Gipsverband auf die Wachstumszone und die innere Differenzierung der Pflanzen. Borna-Leipzig, Buchdr. R. Noske, 1909 (*Dissert. Leipzig*).

98. HANSTEIN (Johannes von). — Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Baumrinde. Berlin, W. F. Müller 1853.

99. HARTIG (Robert). — Lehrbuch der Baumkrankheiten. 2te Aufl., Berlin, Springer, 1889.

100. HARTIG (Robert). — Wachstumsuntersuchungen an Fichten. *Forstl.-naturwiss. Zeitschr.* Bd. V, 1896, pp. 1-15, 33-45.

101. HARTIG (Robert). — Das Rothholz der Fichte. *Forstl.-naturwiss. Zeitschr.* Bd. V, 1896, pp. 96-109, 157-169.

102. HARTIG (Robert). — Holzuntersuchungen Altes und Neues. Berlin, J. Springer, 1901.

103. HARTING (G.). — Recherches micrométriques sur le développement des parties élémentaires de la tige annuelle des plantes dicotylédonées. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 3, t. IV, 1845, pp. 210-279.

104. HAUG (Emile). — Traité de géologie. 2^e tirage, t. I. Paris, Armand Colin, 1911.

105. HEGLER (R.). — Untersuchungen über den Einfluss der Zugkräfte auf die Festigkeit und die Ausbildung mechanischer Gewebe in Pflanzen. *Ber. über die Verhandlungen der kgl. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig, Math.-phys. Classe*, Bd. XLIII, 1891, pp. 638-643.

106. HEGLER (Robert). — Ueber den Einfluss des mechanischen Zugs auf das Wachstum der Pflanze. *Beitr. zur Biol. der Pflanzen*. Bd. VI, 1893, pp. 383-416, pl. XII-XV.

107. HEINRICHER (Emil). — Ueber isolateralen Blattbau mit besonderer Berücksichtigung der europäischen, speciell der deutschen Flora. Ein Beitrag zur Anatomie und Physiologie der Laubblätter. *Jahrb.f.wiss. Bot.*, Bd. XV, 1884, pp. 502-567, pl. XXVII-XXXI.

108. HENDEL (Friedrich). — Trypetidae. Stuttgart, E. Schwei-

zerbart, 1927. (*Die Fliegen der palaearktischen Region* hrsg.v. Erwin Lindner, n° 49).

109. HERAIL (J.). — Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des Dicotylédones. Paris, Masson, 1886 (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*), et : *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 7, t. II, pp. 201-314, pl. 15-20.

110. HERBST (Curt). — Ueber die Bedeutung der Reizphysiologie für die kausale Auffassung von Vorgängen in der tierischen Ontogenese. II Hauptteil. Die formativen oder morphogenen Reize. *Biol. Centralbl.*, Bd. XV, 1895, pp. 721-745, 753-772, 792-805, 817-831, 849-855.

111. HERTWIG (Oscar). — Über den Wert der ersten Furchungszellen für die Organbildung des Embryo. Experimentelle Studien am Frosch- und Tritonei. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. XLII, pp. 662-807, pl. XXXIX-XLIV.

112. HERTWIG (Oscar). — Experimentelle Untersuchungen über die ersten Theilungen des Froscheies und ihre Beziehungen zu der Organbildung des Embryo. *Sitz.-Ber. k. Preuss. Akad. Wiss., Phys.-Math. Kl.*, 1893, Halbband I, pp. 385-392.

113. HERTWIG (Oscar). — La cellule et les tissus. Eléments d'anatomie et de physiologie générales. [Livre 1^{er}]. Trad. de l'allemand par Charles Julin. Paris, G. Carré, 1894.

114. HERTWIG (Oscar). — Eléments d'anatomie et de physiologie générales. [Livre second] Les tissus. Trad. de l'allemand par Charles Julin. Paris, C. Naud, 1903.

115. HIBBARD (R. P.). — The influence of tension on the formation of mechanical tissue in plants. *Bot. Gazette*, vol. XLIII, 1907, pp. 361-382.

116. HÖHNEL (Franz v.). — Ueber den Einfluss des Rindenruckes auf die Beschaffenheit der Bastfasern der Dicotylen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XV, 1884, pp. 311-326, pl. XIII-XV.

117. HÖSTERMANN (Gustav). — Versuche zur vegetativen Vermehrung von Gehölzen nach dem Dahlemer Drahtungsverfahren. *Ber.d.d.bot.Ges.*, Bd. XLVIII, 1930, pp. 66-70.

118. HOFFMANN (Robert). — Untersuchungen über die Wirkung mechanischer Kräfte auf die Teilung, Anordnung und Ausbildung der Zellen beim Aufbau des Stammes der Laub- und Nadelhölzer Sondershausen, Dr. v. Fr. Aug. Eupel, s. d., (*Dissert. Berlin*, 1885).

119. HOFMEISTER (W.). — Ueber die Beugungen saftreicher Pflanzentheile, nach Erschütterung. *Ber. über die Verhandl. der k. sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig*, Bd. XI, 1859, p. 194 ss., et : *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. II, 1860, pp. 237-266.

120. HOFMEISTER (W.). — Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säftenleben der Pflanzen. *Flora*, Bd. XLV (N. R. XX), 1862, pp. 97-108, 113-120, 138-152, 170-175.

121. HOFMEISTER (W.). — Ueber die durch die Schwerkraft bestimmten Richtungen von Pflanzentheilen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. III, 1863, pp. 77-114 (aus den *Sitzungsber. der k. sächs. Ges. der wiss.* 1860).

122. HOFMEISTER (W.). — Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten Untersuchungen der Entwicklung höherer-Kryptogamen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. III, 1863, pp. 259-293, pl. VIII.

123. HOFMEISTER (W.). — Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig, W. Engelmann, 1867 (*Handb. d. physiol. Bot. hrsg. v. Wilh. Hofmeister, Bd. I.*).

124. HOLROYD (R.). — Morphology and physiology of the axis in Cucurbitaceae. *Bot. Gazette*, t. LXXVIII, 1924, pp. 1-45, pl. 1-3 (*Dissert. Pennsylvania*).

125. HOTTES (Charles F.). — Ueber den Einfluss von Druckwirkungen auf die Wurzel von *Vicia Faba*. Bonn, C. Georgi, 1901 (*Dissert. Bonn*).

126. HOUARD (C.). — Recherches anatomiques sur les galles de tiges : Pleurocécidies. Lille, Imp. L. Daniel, 1903, (*Thèse Doct. ès.-Sc. nat., Paris*), et : *Bull. sc. France Belg.* t. XXXVIII [1904], pp. 140-419.

127. HOUARD (C.). — Les zoocécidies des plantes d'Europe et du Bassin de la Méditerranée. Paris, Hermann, 1908-13, 3 vol.

128. JACCARD (Paul). — Structure anatomique des racines tendues naturellement. *Verh. d. Schweiz. naturf. Ges.*, 96. Jahresversammlung von 7-10 sept. 1913 in Frauenfeld, Teil II, pp. 210-211.

129. JACCARD (Paul). — Structure anatomique des racines hypertendues. *Rev. gén. de Bot.*, t. XXV bis, 1914, pp. 359-372.

130. JACCARD (Paul). — Nouvelles recherches sur l'accroissement en épaisseur des arbres. Essai d'une théorie physiologique de leur croissance concentrique et excentrique. Lausanne. Genève, Payot, 1919.

131. JOHNSON (Henry). — Sur l'existence générale d'une propriété nouvellement observée dans les plantes et sur son analogie avec l'irritabilité des animaux. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 2, t. IV, pp. 321-332.

132. KALTENBACH (J. H.). — Die Pflanzenfeinde aus der Klasse der Insecten. Stuttgart, J. Hoffmann, 1874.

133. KARSTEN (G.). — Methoden der experimentellen Pflanzenmorphologie. (*Handb. der biolog. Arbeitsmethoden hrsg. v. Emil Abderhalden*. Berlin ; Wien ; Urban und Schwarzenberg, 1924, Abt. 11, Teil I, pp. 325-394.

134. KELLER (Heinrich). — Ueber den Einfluss von Belastung und Lage auf die Ausbildung des Gewebes in Fruchtsielen. Kiel, H. H. Peters, 1904 (*Dissert. Kiel*).

135. KERTÉSZ (C.). — Catalogus dipterorum hucusque descriptorum, vol. II. Leipzig, W. Engelmann, 1902.

136. KIEFFER. — Enumération des cécidies recueillies aux Petites-Dalles, *Bull. Soc. Amis Sc. nat. de Rouen*, t. XXXIV, 1898.

137. KIEFFER. — Synopsis des zoocécidies d'Europe. *Ann. Soc. entomol. de Fr.*, vol. LXX, 1901, p. 509.

138. KILLIAN (Karl). — Beiträge zur Kenntnis der Laminarien. *Zeitschr. f. Bot.*, Bd. III, 1911, pp. 433-494.

139. KING (Helen Dean). — The effects of compression on the maturation and early development of the eggs of *Asterias forbesii*. *Arch. Entw.-mech.*, Bd. XXI, 1906, pp. 94-110.

140. KLEBAHN (H.). — Ueber Wurzelanlagen unter Lenticellen bei *Herminiera Elaphroxylon* und *Solanum Dulcamara*. Nebst einem Anhang über die Wurzelknöllchen der ersteren. *Flora*, Bd. LXXIV, 1891, pp. 125-139, pl. IV.

141. KNIGHT (Thomas Andrew). — Account of some experiments on the descent of the sap in trees. *Philos. Transact. of the roy. Soc. of London*, 1803, pp. 277-289, pl. IV.

142. KNIGHT (Thomas Andrew). — On the causes which influence the direction of the growth of roots. *Philos. Transact. of the roy. Soc. of London*, 1811, pp. 209-219.

143. KNOLL (Fritz). — Untersuchungen über Längenwachstum und Geotropismus der Fruchtkörperstiele von *Coprinus striatus*. *Sitz. d. Kais. Wiener Akad. der Wiss. Math.-Naturw. Kl.*, Bd. CXVIII, Abt. 1, 1909, pp. 575-634.

144. KNY (L.). — Ueber das Dickenwachsthum des Holzköpers in seiner Abhängigkeit von äusseren Einflüssen. Berlin, Parey, 1882.

145. KNY (L.). — Ueber den Einfluss von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich theilenden Pflanzenzellen. *Ber. der deut. bot. Ges.*, Bd. XIV, 1896, pp. 378-391.

146. KNY (L.). — Ueber den Einfluss von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich theilenden Pflanzenzellen. (Zweite Mittheilung). *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XXXVII, 1902, pp. 55-98, pl. I-II.

147. KÖPPEN (Martin). — Ueber das Verhalten der Rinden unserer Laubbäume während der Thätigkeit des Verdickungsringes. *Nova acta Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Germanicae naturae curiosum* (Halle), Bd. LIII, 1899, pp. 441-496, pl. XXI.

148. KOJIMA (Hitoshi). — Division, growth and differentiation of cells in the root of *Vicia Faba* artificially inhibited from further elongation. *Journ. Dept. Agric. Kynshu imp. Univ.*, vol. III, 1931, pp. 121-147.

149. KRABBE (G.). — Über die Beziehung der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen. *Sitz.-Ber. Kgl. preuss. Akad. der Wiss. zu Berlin*, Bd. XI, 1882, pp. 1093-1143.

150. KRABBE (G.). — Über das Wachstum des Verdickungsringes und der jungen Holzzellen in seiner Abhängigkeit von Druckwirkungen. *Anhang z. d. Abh. kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Phys. Abh.* I, 1884, pp. 1-83, 2 pl.

151. KRÄNZLIN (Hélène). — Über das Dickenwachstum der *Palme Euterpe oleracea*. *Ber. d. d. bot. Ges.*, Bd. XXIV, 1906, pp. 483-489.

152. KRAUS (Gregor). — Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. *Bot. Zeitung*, Bd. XXV, 1867, pp. 105-119, 121-126, 129-133, 133-142, pl. III.

153. KRAUS (Gregor). — La tension du tissu et ses conséquences (Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen). Analyse par M. Millardet. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 5, t. X, 1868, pp. 70-96.

154. KÜSTENMACHER (M.). — Beiträge zur Kenntnis der Gallenbildung mit Berücksichtigung des Gerbstoffes. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XXVI, 1894, pp. 82-185, pl. V-X.

155. KÜSTER (Ernst). — Ueber Stammverwachsungen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIII, 1899, pp. 487-512, pl. V.

156. KÜSTER (Ernst). — Ueber Gewebespannungen und passives Wachstum bei Meeresalgen. (*Sitz. der Kgl. preuss. Akad. der Wiss. zu Berlin*, Jahrg. 1899, Halbbd. II, pp. 819-850, pl. VI.

157. KÜSTER (Ernst). — Beiträge zur Kenntnis der Gallenanatomie. *Flora*, t. LXXXVII, 1900, pp. 117-193.

158. KÜSTER (Ernst). — Cecidiologische Notizen. *Flora*, t. XC, 1902, pp. 67-83.

159. KÜSTER (Ernst). — Aufgaben und Ergebnisse der entwicklungsmechanischen Pflanzenanatomie. *Progressus Rei botanicae* hrsg. v. d. Association internationale des Botanistes, rédig. v. J. P. Lohs, Bd. II, Iéna, G. Fischer, 1908, pp. 455-558.

160. KÜSTER (Ernst). — Die Gallen der Pflanzen. Ein Lehrbuch für Botaniker und Entomologen. Leipzig, S. Hirzel, 1911.

161. KÜSTER (Ernst). — Pathologische Pflanzenanatomie. 3 te Aufl. Iéna, G. Fischer, 1925.

162. KÜSTER (Ernst). — Anatomie der Gallen. Berlin, Gebr. Borntraeger, 1930 (*Handb. der Pflanzenanatomie* hrsg. v. K. Linsbauer, Abt. 1, Teil 3, Bd. V (1).)

163. KUHLE (Fritz). — Ueber Entstehung und Verbreitung des Phelloderms. Cassel, Dr. von Gebr. Gotthelft, 1897. (*Dissert. Berlin*).

164. KURZ (J.). — Beiträge zur Frage nach dem Einfluss mechanischen Druckes auf Entstehung und Zusammensetzung des Holzes. *Centralbl. f. Bakter.* Abt. 2, Bd. LV, 1922, pp. 293-298.

165. LABORIE (E.). — Sur l'anatomie des pédoncules comparée à celle des axes ordinaires et à celle des pétioles. *C. R. Ac. Sc., Paris*, t. IC, 1884, pp. 1086-1088.

166. LACAZE-DUTHIERS. — Recherches pour servir à l'histoire des Gallies. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 3, t. XIX, 1853, pp. 273-354, pl. 16-19.

167. LANGERON. — Précis de microscopie. 4^e éd., Paris, Masson, 1925.

168. LA RIVIÈRE. — Influence de la compression sur les tiges. (cité par Mme Bloch. [16, p. 171]).

169. LÉGER (L. Jules). — Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens. *Mém. Soc. Lin. de Normandie*, vol. XIX, 1897-1898, pp. 49-183, pl. II-VIII.

170. LEMEE (E.). — Les ennemis des plantes. Catalogue raisonné des insectes cécidogènes et non cécidogènes, maladies cryptogamiques, phanérogames parasites sur les plantes vivantes, fasciations, cas de tératologie, récoltés et classés. Alençon, Typ.-Lith. Alb. Manier, 1903 (Extr. *Bull. Soc. hortic. de l'Orne*, 1902).

171. LENZ (Friedrich). — Ueber den Durchbruch der Seitenwurzeln. *Beitr. z. Biol. des Pfl.*, Bd. X, 1911, pp. 235-264.

172. LINSBAUER (K.). — Die Epidermis. Berlin, Borntraeger, 1930 (*Handbuch der Pflanzenanatomie. hrsg. v. K. Linsbauer* Abt. 1, Teil 2, Bd. IV).

173. LÖWI (Emil). — Die räumlichen Verhältnisse im Fruchtknoten und in der Frucht von *Aesculus* in mathematischer Behandlung. Eine entwicklungsmechanische Untersuchung. *Oesterreichische botanische Zeitschr.*, Bd. LXIII, 1913, pp. 356-370, pl. VII-VIII.

174. MACDOUGAL (D. T.). — The mechanism of curvature of tendrils. *Ann. of Bot.*, vol. X, 1896, pp. 373-402.

175. MAGNUS (Werner). — Die Entstehung der Pflanzengallen verursacht durch Hymenopteren. Iéna, G. Fischer, 1914.

176. MARKFELD (Oskar). — Ueber das Verhalten der Blattsprünge immergrüner Pflanzen beim Dickenwachstum des Stammes oder Zweiges. *Flora*, Bd. LXVIII (N. R. XLIII), 1885, pp. 33-39, 81-90, 99-113, pl. II.

177. MEYER (G.). — Beiträge zur Kenntnis des Topinamburs. *Ber. d. d. bot. Ges.*, t. XIV, 1896, pp. 347-362.

178. MICHEELS (Henri). — Recherches sur les jeunes palmiers. *Mém. couronnés et Mém. des Savants étrangers publ. par l'Acad. roy. des Sc., des Lettres et des Beaux-Arts de Belg.* t. LI, 1889.

179. MICHEELS (Henri). — Recherches d'anatomie comparée sur les axes fructifères des Palmiers. *Mém. couronnés et Mém. des Savants étrangers publ. par l'Acad. roy. des Sc., des Lettres et des Beaux-Arts de Belg.* t. LIII, 1893-94.

180. MIRBEL. — Note sur le cambium et le liber. *Bull. des Sc. par la Soc. philomatique de Paris*, 1816, pp. 107-108.

181. MOELLER (Joseph). — Anatomie der Baumrinden. Vergleichende Studien Berlin, J. Springer, 1882.

182. MOELLER (Joseph). — Mikroskopie der Nahrungs- und Genussmittel aus dem Pflanzenreich. 3 te Neubearb. Aufl. v. Dr. C. Griebel. Berlin, J. Springer, 1928.

183. MOHL (Hugo von). — Ueber den Bau des Palmenstammes. *Vermischte Schriften botanischen Inhalts von Hugo von Mohl*. Tübingen, Fues, 1845, pp. 129-185.

184. MOHL (Hugo von). — Ueber die Cuticula von *Viscum album*. *Bot. Zeitung*, Jahrgang VII, 1849, Colon. 593-596, pl. IX.

185. MOHL (Hugo von). — Grundzüge der Anatomie und Physiologie der vegetabilischen Zelle. Braunschweig, Vieweg und Sohn, 1851 (Aus Rud. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie abgedr.).

- 186.** MOLLIARD (Marin). — Recherches sur les Cécidies florales. Paris, Masson, 1895, (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*), et : *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 8, t. I, 1895, pp. 67-245, pl. 3-14.
- 187.** MOLLIARD (Marin). — Sur la galle de l'*Aulax Papaveris*. *Rev. gén. de Bot.*, t. XI, 1899, pp. 209-218.
- 188.** MOLLIARD (Marin). — Recherches physiologiques sur les galles. *Rev. gén. de Bot.*, t. XXV, 1913, pp. 225-252, 285-307, 341-370, pl. 7-9.
- 189.** MOLLIARD (Marin). — Effets de la compression sur la structure des racines. *Rev. gén. de Bot.*, t. XXV bis, 1914, pp. 529-539, pl. 18-19.
- 190.** MOLLIARD (Marin). — Nature de la galle que l'*Aulax minor* Hartig détermine sur le *Papaver Rhæas*. *Bull. Soc. Pathol. vég. Fr.*, t. VI, 1919, pp. 125-132.
- 191.** MOLLIARD (Marin). — La galle de l'*Aulax minor* Hartig. *Rev. gén. de Bot.*, t. XXXIII, 1921, pp. 273-294, pl. 46-53.
- 192.** MORGAN (T. H.). — The effects of altering the position of the cleavage planes in eggs with precocious specification. *Arch. Entw.-mech.*, Bd. XXIX, 1910, pp. 205-224, pl. VI-VII.
- 193.** MÜLLER (C.). — Ueber den Bau der Commissuren der Equisetenscheiden. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XIX, 1888, pp. 497-579, pl. XVI-XX.
- 194.** MÜLLER (E. G. O.) und PAX (F.). — Cucurbitaceae. *Die natürlichen Pflanzenfamilien... begr. v. A. Engler und K. Prantl*, Teil IV, Abt. 5, pp. 1-39, Leipzig, W. Engelmann, 1894.
- 195.** MÜLLER (N. J. C.). — Botanische Untersuchungen, vol. I. Heidelberg, C. Winter, 1877.
- 196.** MÜLLER (Otto). — Untersuchungen über Ranken der Cucurbitaceen. *Beitr. Biol. Pflanz.*, Bd. IV, 1887, pp. 97-144, pl. V-VII.
- 197.** MÜLLER (Rudolf). — Die Rinde unserer Laubbölzer. Breslau, Dr. von A. Neumann, s. d., (*Dissert. Breslau*, 1875).
- 198.** NATHANSOHN (Alexander). — Beiträge zur Kenntniss des Wachstums der trachealen Elemente. *Jahrb. f. wiss. Bot.* Bd. XXXII, 1898, pp. 671-686, pl. XIII.
- 199.** NĚMEC (Bohumil). — Ueber die kayokinetische Kerntheilung in der Wurzelspitze von *Allium Cepa*. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIII, 1899, pp. 313-336, pl. III.
- 200.** NĚMEC (Bohumil). — Ueber Zellkern und Zelltheilung bei *Solanum tuberosum*. *Flora*, Bd. LXXXVI, 1899, pp. 214-227.
- 201.** NĚMEC (Bohumil). — Ueber den Einfluss der mechanischen Faktoren auf die Blattstellung. *Bull. intern. Ac. Sc. de l'Empereur Fr. Joseph I. Sc. math. et nat.*, VIII^e année, Prague, 1904, pp. 65-79, 1 pl.
- 202.** NEWCOMBE (Frederick Charles). — The effect of mechanical resistance on the growth of plant tissues. Leipzig, Breitkopf and Härtel, 1893, (*Dissert. Leipzig*).

203. NEWCOMBE (Frederick Charles). — The influence of mechanical resistance on the development and life-period of cells. *Bot. Gazette*, vol. XIX, 1894, pp. 149-157, 191-199 et 229-236.

204. NEWCOMBE (Frederick Charles). — The cause and conditions of lysigenous cavity-formation. *Ann. of Bot.* vol. VIII, 1894, pp. 403-421.

205. NEWCOMBE (Frederick Charles). — The regulatory formation of mechanical tissue. *Bot. Gazette*, t. XX, 1895, pp. 441-448.

206. NICOLAS (G.). — Effets de la compression sur la structure d'une racine de *Dracaena*. *Bull. Soc. d'Hist. nat. de l'Afrique du Nord*, t. IX, 1918, pp. 114-116.

207. NÖRDLINGER (H.). — Spannt die Baumrinde im Sommer nicht? *Kritische Blät. Forst.-u. Jagdwiss.*, Bd. LII (1), 1870, pp. 253-255.

208. NÖRDLINGER (H.). — Wirkung des Rindendruckes auf die Form der Holzringe. *Centralbl. Gesam. Forstwesen*, Bd. VI, 1880, pp. 407-413.

209. NÖRDLINGER (H.). — Ovale Form des Schaftquerschnittes der Bäume. *Centralbl. Gesam. Forstwesen*, Bd. VIII, 1882.

210. OLLIVIER (Louis). — Expériences sur l'accroissement des cellules et la multiplication des noyaux. *Bull. Soc. bot. de Fr.*, t. XXIX, 1882, pp. 101-105, pl. I-III.

211. PENNINGTON (L. H.). — The effect of longitudinal compression upon the production of mechanical tissue in stems. *Bot. Gazette*, vol. L, 1910, pp. 257-284.

212. PERRIS. — Observations sur les insectes qui habitent les, galles de l'*Ulex nanus* et du *Papaver dubium*. *Ann. Soc. ent. Fr.*, t. IX, 1840, pp. 88-98, pl. VI.

213. PFEFFER (W.). — Ueber Anwendung des Gypsverbandes für pflanzenphysiologische Studien. *Ber. über die Verhandl. der Kgl., sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig*, Math. Phys. Cl., Bd. XLIV, 1892, pp. 538-542.

214. PFEFFER (W.). — Druck- und Arbeitsleitung durch wachsende Pflanzen. *Abhdlg. der Math. Phys. Cl. der Kgl. sächs. Ges. der Wiss.* Bd. XX, n° 3, 1893, pp. 233-474.

215. PFEFFER (W.). — Physiologie végétale, trad. de l'allemand d'après la 2^e édit. par Jean Friedel. Paris, t. I, Schleicher, 1905 ; t. II, Steinheil, 1912.

216. PFEIFFER (H.). — Grundlinien zur Entwicklungsmechanik der Pflanzengewebe. Berlin, Borntraeger, 1925. (*Abhandlung. z. theor. Biol. hrsg. v. J. Schaxel*, Heft XX).

217. PFLÜGER (E.). — Ueber die Einwirkung der Schwerkraft und anderer Bedingungen auf die Richtung der Zelltheilung. Dritte Abhandlung, Bonn, E. Strauss, 1884, (Separat. Abdr. aus *Pflüger's Archiv. f. d. ges. Physiologie*, Bd. XXXIV).

218. PIETERS (A. J.). — The influence of fruit bearing

on the development of mechanical tissue in some fruit trees. *Ann. f. Bot.*, vol. X, 1896, pp. 511-529.

219. PITARD (J.). — Recherches sur l'anatomie comparée des pédicelles floraux et fructifères. Bordeaux, Impr. J. Durand, 1899 (*Thèse Doct. ès-Sc. nat., Paris*). (*Extraits des Actes de la Soc. Linéenne de Bordeaux.*)

220. PITARD (J.). — De l'évolution des péricycles hétérogènes des plantes ligneuses. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1899, pp. CIX-CXVI.

221. PITARD (J.). — Des productions thyllaires intrapéricycliques. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1899, pp. CXXIV-CXXI.

222. PITARD (J.). — Relations entre l'accroissement du péricycle et des tissus corticaux. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1910, pp. XLVII-LIV.

223. PITARD (J.). — Etirement et affaissement du péricycle. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1900, pp. LXXXII-LXXXV.

224. PITARD (J.). — Des lacunes schizogènes de la région péri-cyclique. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux* 1900, pp. LXXXV-LXXXVIII.

225. PITARD (J.). — Le péricycle et la taxinomie. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1901, pp. XLIII-XLVI.

226. PITARD (J.). — Valeur anatomique du péricycle. *Extraits des C. R. des Séances de la Soc. Linéenne de Bordeaux*, 1901, pp. LXI-LXVII.

227. PITARD (Joseph-Charles-Marie). — Recherches sur l'évolution et la valeur anatomique taxinomique du péricycle des Angiospermes. Bordeaux, G. Gounouilhou, 1901, (*Thèse Dipl. Et. Sup. de Pharmacien 1^{re} Cl., Bordeaux*).

228. POTTER (M. C.). — On the increase in thickness of the stem of Cucurbitaceae. *Proc. Cambridge philos. Soc.*, t. VII, 1889, pp. 14-16, pl. I-II.

229. POTTER (M. C.). — Additional note on the thickening of the stem in the Cucurbitaceae. *Proc. Cambridge philos. Soc.*, t. VII, 1890, pp. 65-67.

230. PREIN (Rudolf). — Ueber den Einfluss mechanischer Hemmungen auf die histologische Entwicklung der Wurzeln. Halle, Buchdr. H. John, 1908, (*Dissert. Bonn*).

231. PRILLIEUX (Ed.). — Etude sur la formation et le développement de quelques galles. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 6, t. III, 1876, pp. 113-137, pl. 16-18.

232. RAND (Frederick V.). — Pecan rosette : its histology, cytology and relations to other chlorotic diseases. Washington, Government Print. Office, 1922 (*U. S. Dept. of agricult. Bull. N° 1038* 1922).

233. RASDORSKY (Wladimir). — Beiträge zur Lehre von den baumechanischen Prinzipien in der Konstruktion der Pflanzen. *Bull. Soc. des Nat. de Moscou*, Nlle sér. T. XXXI, 1918-1922, pp. 113-119.

234. RASDORSKY (Wladimir). — Ueber die Reaktion der Pflanzen auf die mechanische Inanspruchnahme. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, Bd. XLIII, 1925, pp. 332-352, 2 pl.

235. RATCHINSKY (S.). — Notice sur quelques mouvements opérés par les plantes sous l'influence de la lumière. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 4, t. IX, 1858, pp. 164-184 (*Extr. des Bull. Soc. des naturalistes de Moscou*, 1857).

236. RAUWENHOFF (N. W. P.). — Observations sur les caractères et la formation du liège dans les Dicotylédones. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 5, t. XII, 1869, pp. 347-364.

237. RAY (J.). — Variations des champignons inférieurs sous l'influence du milieu. *Rev. gén. Bot.* t. IX, 1899, pp. 193-212, 255-259, 282-304, pl. 12-17.

238. REGNAULT. — Recherches sur les affinités de structures des tiges des plantes du groupe des Cyclopermées. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 4, t. XIV, 1860, pp. 73-166, pl. 4-9.

239. REICHE (Karl). — Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzen. *Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, Bd. V, 1887, pp. 310-318, pl. 5.

240. REIJNVANN (J.) and DOCTERS VAN LEEUWEN (W.). — *Aulax Papaveris* Perris. Its biology and the development and structure of the gall which it produces. *Marcellia*, t. V, 1906, pp. 137-151.

241. RHUMBLER — Cité par Thompson [288, p. 322, fig. 125].

242. RICHTER (Johannes). — Ueber Reactionen der Characeen auf äussere Einflüsse. *Flora*, Bd. LXXVIII, 1894, pp. 399-423.

243. RIPPEL (August). — Die Experimentelle Erzielung von verbänderten Blütenachsen von *Taraxacum officinale* L. durch seitlichen Druck. *Angew. Bot.*, Bd. IV, 1922, pp. 95-106. (Cité par Küster [161]).

244. ROSKAM (Mlle A.). — La structure des tiges grimpantes comparée à celle des tiges dressées. *Mém. Ac. roy. Belg., Cl. Sc.* sér. 2, t. VIII, fasc. 9, 1926 (Mém. présenté à la Cl. des Sc. le 17 août 1925).

245. ROSS (Hermann). — Beiträge zur Kenntnis des Assimilationsgewebes und Korkentwicklung armlaubiger Pflanzen. Freiburg in Baden, Buchdr. v. F. W. Meyer; Berlin, 1887. (*Dissert. Freiburg i. Br.*).

246. ROSS (Hermann). — Die Pflanzengallen (Cecidien). Mittel- und Nordeuropas. Iéna, G. Fischer, 1911.

247. ROSS (Hermann). — Praktikum der Gallenkunde... Berlin, J. Springer, 1932. (*Biol. Studienbüch.* XII).

248. ROUX (W.). — Beiträge zur Entwicklungsmechanik des Embryo. N° III : Ueber die Bestimmung der Hauptrichtungen des Froschembryo im Ei und über die erste Theilung des Froscheies.

Breslauer ärztliche Zeitschr. Jahrg. VII, 1885, et : *Ges. Abhdg. über Entwicklungsmech. der Organ.*, Bd. II. Leipzig, W. Engelmann, 1895, p. 227-343.

249. ROUX (W.). — Ueber die ersten Theilungen des Froscheies und ihre Beziehungen zu der Organbildung des Embryo. *Anat. Anz.*, Bd. VIII, 1893, pp. 605-609, et : *Ges. Adhbg. über Entwicklungsmech. der Organ.*, Bd. II. Leipzig, W. Engelmann, 1895, pp. 920-926.

250. RUSSEL (H. L.). — The effect of mechanical movement upon the growth of certain lower organisms. *Bot. Gazette*, t. XVII, 1892 pp. 8-15.

251. SACHS (Julius). — Physiologie végétale. Recherches sur les conditions d'existence des plantes et sur le jeu de leurs organes. Trad. de l'allemand par Marc Micheli. Paris, Masson, 1868.

252. SACHS (Julius). — Traité de botanique conforme à l'état présent de la Science. Trad. de l'allemand sur la 3^e éd. par Ph. Van Tieghem. Paris, Savy, 1874.

253. SCHELLENBERG (H. C.). — Zur Entwicklungsgeschichte der Equisetenscheiden. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.* Bd. XIII, 1895, pp. 165-174, pl. XVI.

254. SCHENCK (H.). — Ueber die Luftwurzeln von *Avicennia tomentosa* und *Laguncularia racemosa*. *Flora*, LXXII, 1889, pp. 83-88, pl. III.

255. SCHENCK (H.). — Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. Theil. 2 : Beiträge zur Anatomie der Lianen. Iéna, G. Fischer, 1893, (*Botanische Mittheilungen aus den Tropen, hrsg. v. A. F. W. Schimper*. Heft 5.)

256. SCHENCK (H.). — Ueber die Zerklüftungsvorgänge in anormalen Lianenstämmen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXVII, 1895, pp. 581-612, pl. XX-XXI.

257. SCHLEIDEN (M. J.). — Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik nebst einer methodologischen Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanzen. 2te Aufl., Theil II. Leipzig, W. Engelmann, 1846.

258. SCHLEIP (Waldemar). — Die Determination der Primitiventwicklung. Eine zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse über das Determinationsgeschehen in den ersten Entwicklungsstadien der Tiere. Leipzig, Akad. Verlagsges., 1929.

259. SCHNEIDER (Camille Karl). — Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde. Charakteristik der in Mitteleuropa heimischen und im Freien angepflanzten angiospermen Gehölz-Arten und Formen mit Ausschluss der Bambuseen und Kakteen. Iéna G. Fischer, 2 vol., 1906-1912.

260. SCHOUTE (J. C.). — Über das Dickenwachstum der Palmen. *Ann. Jard. bot. Buitenzorg.* (Vol. XXVI), sér. 2, vol. XI, 1912, pp. 1-187.

261. SCHRENK (H. von). — Constriction of twigs by the bag worm and incident evidence of growth pressure. *Ann. Rpt. Missouri bot. Gard.*, t. XVII, 1906, pp. 153-181.

262. SCHÜEPP (Otto). — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Schmetterlingsblüte. Die Ausbildung der Blütenteile und ihre Abhängigkeit von den Raumverhältnissen innerhalb der Knospe. *Beih. z. bot. Centralbl.*, Bd. XXVIII, Abt. I, 1912, pp. 195-246, pl. I-XI.

263. SCHÜEPP (Otto). — Wachstum und Formwechsel des Sprossvegetationspunktes der Angiospermen. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, Bd. XXXII, 1914, pp. 328-339.

264. SCHÜEPP (Otto). — Beiträge zur Theorie des Vegetationspunktes. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, Bd. XXXIV, 1916, pp. 847-857, pl. XXV.

265. SCHÜEPP (Otto). — Untersuchungen über Wachstum und Formwechsel von Vegetationspunkten. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. LVII, 1917, pp. 17-79.

266. SCHÜEPP (Otto). — Ueber den Nachweis von Gewebespannungen in der Sprossspitze. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.*, Bd. XXXV, 1917, pp. 703-706.

267. SCHÜEPP (Otto). — Zur Kenntnis der Gewebespannungen. *Ber. d. deutsch. bot. Ges.* Bd. XXXVII, 1919, pp. 217-223.

268. SCHULZE (Carl). — Über den anatomischen Bau des Blattes und der Achse in der Familie der Phytolaccaceen und deren Bedeutung für die Systematik. Danzig, Dr. v. J. Sauer, 1895, (*Dissert. Erlangen*).

269. SCHWABACH (E.). — Ueber die Vorgänge bei der Sprengung des mechanischen Ringes bei einigen Lianen. *Bot. Centralbl.*, Bd. LXXVI, 1898, pp. 353-361.

270. SCHWARZ (Frank). — Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von *Pinus silvestris*. Berlin, Paul Parey, 1899.

271. SCHWARZ (Walter). — Der Einfluss der Zug-, Knick- und Bieungsbeanspruchung auf das mechanische Gewebesystem der Pflanzen. (Mit Ausschluss des sekundären Dickenwachstums). *Beih. z. bot. Centralbl.*, Bd. XLVI, Abt. 1, 1929, pp. 306-338.

272. SCHWARZ (Walter). — Der Einfluss der Zug-, Knick- und Bieungsbeanspruchung auf das mechanische Gewebesystem der Pflanzen. II. Entgegnung an W. Rasdorsky. *Beih. z. bot. Centralbl.*, Bd. XLVIII, Abt. 1, 1931, pp. 405-424.

273. SCHWENDENER (S.). — Ueber die durch Wachstum bedingte Verschiebung kleinster Teilchen in trajektorischen Kurven. *Monatsber. der kgl. preuss. Akad. der wiss. zu Berlin*, 1880, pp. 408-432, pl. I-II, et : *Ges. bot. Abh. v. S. Schwendener*, Bd. I, Berlin, Gebr. Borntraeger, 1898, pp. 3-30, pl. I-II.

274. SCHWENDENER (S.). — Zur Doppelbrechung vegetabilischer Objecte. *Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. in Berlin*, 1889, pp. 233-244.

275. SCHWENDENER (S.). — Vorlesungen über mechanische Probleme der Botanik gehalten an der Universität Berlin bearb. und hrsg. von Dr. Carl Holtermann. Leipzig, W. Engelmann, 1909.

276. SERTORIUS (A.). — Beiträge zur Kenntnis der Anatomie

der Cornaceae. Genève. Impr. Romet, 1893, (*Dissert. München*), (Extr. du *Bull. de l'Herbier Boissier*, vol. I, 1893).

277. — SOLEREDER (Hans). — Systematische Anatomie der Dicotyledonen. 2 vol. Stuttgart, F. Enke, 1899-1908.

278. SONNTAG (P.). — Ueber die mechanischen Eigenschaften des Roth- und Weissholzer der Fichte und anderer Nadelhölzer. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIX, 1904, pp. 71-105.

279. SORAUER (Paul). — Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Bd. I : Die nichtparasitären Krankheiten. 5^{te} Aufl. neu bearb. v. Paul Graebner. Berlin, Paul Parey, 1924.

280. SPENCER (Herbert). — On circulation and the formation of wood in plants. *Transact. of the Linnean Soc. of London*, vol. XXV, 1866, pp. 405-429.

281. SPENCER (Herbert). — Principes de biologie. Trad. de l'anglais par M. E. Cazelles, t. II. Paris, Baillière, 1878.

282. STAHL (E.). — Ueber den Einfluss des sonnigen oder schattigen Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. *Ienaische Zeitschr. f. Naturwiss.* Bd. XVI, 1883, pp. 162-200, pl. X.

283. STOLL (R.). — Ueber die Bildung des Callus bei Stecklingen. *Bot. Zeitung*, 1874, colon. 737-742, 753-768, 785-799, pl. XII.

284. STOYE (Gerhard). — Ueber den Einfluss allseitigen mechanischen Druckes auf die Entwicklung von Steinfrüchten. Halle, Hohmann, 1915, (*Dissert. Halle*)

285. STRASBURGER (Eduard). — Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Iena, G. Fischer, 1891, (*Histologische Beiträge v. Eduard Strasburger*, Heft III).

286. STRASBURGER (Eduard). — Ueber die Verdickungsweise der Stämme von Palmen und Schraubenbäumen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XLIII, 1906, pp. 580-628, pl. III-V.

287. TCHOUPROFF (Olga). — Etudes sur les causes qui déterminent le fractionnement du bois axial chez *Mendoncia Schomburgkiana* Nees et sur l'origine et le développement des tissus cicatrisants. Genève, s. n., 1898, (*Dissert. Genève*), et : *Bull. de l'Herbier Boissier*, t. V, 1897, pp. 326-365.

288. THOMPSON (d'Arcy Wentworth). — On growth and form. Cambridge, At the Univ. Press, 1917.

289. THOUVENIN (Maurice). — Contribution à l'étude anatomique des racines de la famille des Composées. Nancy. Impr. Nancéienne, 1884.

290. THOUVENIN (Maurice). — Des modifications apportées, par une traction longitudinale de la tige. *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. CXXX, 1900, pp. 663-665.

291. TITTMANN (H.). — Beobachtungen über Bildung und Regeneration des Peridermis, der Epidermis, des Wachsüberzuges und der Cuticula einiger Gewächse. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd XXX, 1897, pp. 116-154.

292. TRECUL (A.). — Etudes anatomiques et organogéniques sur la *Victoria regia* et anatomie comparée du *Nelumbium*, du *Nuphar* et de la *Victoria*. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 4, t. I, pp. 145-172, pl. 12-14.

293. TUBEUF (K. Fr. von). — Monographie der Mistel. München und Berlin, Oldenbourg, 1923.

294. UMBREIT (Charlotte). — Die Wirkung von Zug und Druck auf Fettpolster und Fettzelle des Menschen. *Zeitschr. f. Zellf. u. mikr. Anat.*, Bd. XIII, 1931, pp. 397-404.

295. UNGER (F.). — Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Pest, Wien und Leipzig, C. A. Hartleben, 1855.

296. VAN TIEGHEM (Ph.). — Traité de botanique. 2^e éd., t. I. Paris, F. Savy 1891.

297. VESQUE (J.). — Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce. *Ann. Sc. nat., Bot.*, sér. 6, t. II, 1875, pp. 82-198, pl. 9-11.

298. VÖCHTING (Hermann). — Zur Physiologie der Knollengewächse. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXIV, 1900, pp. 1-148.

299. VÖCHTING (Hermann). — Zur experimentellen Anatomie. *Nachr. kgl. Ges. wiss. Göttingen, Math. Phys. Cl.*, Bd. XXXVIII 1902, pp. 278-283.

300. VÖCHTING (Hermann). — Untersuchungen zur experimentellen Anatomie und Pathologie des Pflanzenkörpers. Tübingen, H. Laupp, 1908.

301. VUILLEMIN (Paul). — De la valeur des caractères anatomiques au point de vue de la classification des végétaux. Tige des Composées. Paris, Typ. A Parent, A. Davy, sr., 1884, (*Thèse Doct. Méd. Nancy*).

302. WARBURG (O.). — Ueber Bau und Entwicklung des Holzes von *Caulotretus heterophyllus*. *Bot. Zeitung*, Bd. XLI, 1883, colon, 617-627, 633-640, 649-672, 673-692, 707-711, pl. V.

303. WEIDEL (F.). — Beiträge zur Entwicklungsgeschichte und vergleichenden Anatomie der Cynipidengallen der Eiche. *Flora*, N. F. Bd. II, (Der ganzen Reihe Bd CII), 1911, pp. 279-334.

304. WESTERMAIER (M.). — Ueber die Wachstumsintensität der Scheitelzelle und der jüngsten Segmente. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XII, 1879-1881, pp. 439-472, pl. XXVII.

305. WETTSTEIN (Richard R. v.). — Handbuch der systematischen Botanik, 2 te Aufl. Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1911.

306. WEYEL (Fritz). — Die Peridermbildung bei den officinellen Wurzeln. Baruth/Mark-Berlin, Buchdr. J. Särchen, 1930, (*Dissert. Berlin*).

307. WIEDERSHEIM (Walther). — Ueber den Einfluss der Belastung auf die Ausbildung von Holz- und Bastkörpern bei Trauerbäumen. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd. XXXVIII, 1903, pp. 41-69.

308. WILDT (Willi). — Ueber die experimentelle Erzeugung von Festigungselementen in Wurzeln und deren Ausbildung in verschiedenen Nährböden. Bonn, Buchdr. Seb. Foppen, 1906, (*Dissert. Bonn*).

309. WILLE (N.). — Om Fucaceernes Blaerer. *Bihang til Svenska Vetusk. Handlingar*, Bd. XIV, Afd. III, n° 4, 1889.

310. WILLE (N.). — Beiträge zur physiologischen Anatomie der Laminariaceen. *Universitets Progr. for 2det Semester 1897 kgl. Norske Freder. Univers. Christiana*, J Kommission hos H. Aschehoug & Co, 1897.

311. WILSON (Edmund B.). — Appendix. On cleavage and mosaic work. *Arch. Entw.-mech.*, Bd. III, 1896, pp. 19-26, pl. I-II.

312. WILSON (Edmund B.). — The Cell in development and heredity. 3 d. ed. New-York, Macmillan, 1925.

313. WORGITZKY (G.). — Vergleichende Anatomie der Ranken. *Flora*, Bd. LXX, 1887, pp. 2-11, 17-25, 33-46, 49-56, 65-74, 86-96, pl. I.

314. WORTMANN (J.). — Beiträge zur Physiologie des Wachstums. *Bot. Zeitung*. Bd. XLVII, 1889, colon. 229-239, 245-253, 261-272, 277-288, 293-304.

315. YASUDA (Atsushi). — On the comparative anatomy of the Cucurbitaceae, wild and cultivated in Japan. *Journ. of the College of Sc. Imperial Univ., Tokyo*, vol. XVIII, 1903, art. 4.

316. YATSU (Naohidé). — Experiments on cleavage in the egg of *Cerebratulus*. *Journ. of the College of Sc. Imperial Univ., Tokyo*, vol. XXVII, 1910, art. 10.

317. ZIEGLER (H. E.). — Über Furchung unter Pressung. *Verhandl. d. anatomischen Ges. auf der achten Versammlung*. Bd. IX, 1894, pp. 132-146.

318. ZIMMERMANN (A.). — Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes. Eine kritische Literaturstudie. Iena, G. Fischer, 1896.

319. ZWEIGELT (Fritz). — Blattlausgallen, unter besonderer Berücksichtigung der Anatomie und Ätiologie. *Centralbl. f. Bakter.* Abt. 2, Bd. XLVII, 1917, pp. 408-535.

320. ZWEIGELT (Fritz). — Blattlausgallen. Histogenetische und biologische Studien an Tetraneura- und Schizoneuragallen. Die Blattlausgallen im Dienste prinzipieller Gallenforschung. Berlin, Paul Parey, 1931, (*Monogr. z. angew. Entomologie*, n° 11, *Beih. z. Zeitschr. f. angewandte. Entomologie*, *Beih. z.* Bd. XVII).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XIII

- Phot. 1. — Cellules épidermiques d'une tige de *Viscum album* L. de 5 mm. de diamètre (coupe transversale). $\times 205$.
- Phot. 2. — Portion du réceptacle d'un capitule sain de *Senecio Jacobaea* L. (coupe longitudinale). $\times 40$.
- Phot. 3. — Portion correspondante du réceptacle d'un capitule de *Senecio Jacobaea* L. attaqué par *Stictodiplosis Jacobaeae* H. L  w. $\times 40$.
- Phot. 4.—Epiderme d'un fruit normal de *Papaver dubium* L.(coupe transversale). $\times 77$.
- Phot. 5. — Epiderme d'un fruit de *Papaver dubium* L. attaqué par *Aulax papaveris* Perris (coupe transversale). $\times 77$.
- Phot. 6. — Epiderme d'un fruit de *Papaver dubium* L. attaqué par *Aulax papaveris* Perris (  tirement très accentué). $\times 450$.
- Phot. 7. — Tige d'*Helianthus annuus* L. encerclée. (Grandeur naturelle).
- Phot. 8. — Fruit de *Cucurbita maxima* Duch encerclé. $\times 1/7$.

PLANCHE XIV

- Phot. 9. — Coupe longitudinale de la partie externe d'un fruit de *Cucurbita maxima* Duch effectu  e dans la région de transition situ  e entre le bandage et la partie normale renfl  e. $\times 340$.
- Phot. 10. — Région externe de la partie normale d'une tige de *Rosa*. L. $\times 60$.
- Phot. 11. — Région externe de la partie encerclée de la même tige. $\times 60$.
- Phot. 12. — Région externe d'une tige normale de *Prunus Laurocerasus* L. $\times 60$
- Phot. 13. — Région externe de la partie encerclée de la même tige. $\times 60$.

PLANCHE XV

- Phot. 14. — Coupe transversale de la partie normale d'une tige d'*Acer Pseudoplatanus*. L. $\times 14$.
- Phot. 15. — Coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 14$.
- Phot. 16. — Portion de la coupe précédente (région supérieure). $\times 40$.
- Phot. 17. — Portion de la même coupe (région de gauche). $\times 40$.
- Phot. 18. — Portion d'une coupe transversale d'une tige encerclée de *Cucurbita maxima* Duch. $\times 40$.
- Phot.19. — Portion correspondante de la partie normale de la même tige. $\times 40$.

PLANCHE XVI

- Phot. 20. — Portion centrale de la moelle d'une jeune tige encerclée de *Dahlia variabilis* Desf. $\times 60$.
Phot. 21. — Coupe transversale d'une tige normale de *Dahlia variabilis* Desf. plus âgée. $\times 12$.
Phot. 22. — Coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 12$.
Phot. 23. — Coupe transversale d'une jeune tige normale d'*Helianthus annuus* L. $\times 40$.
Phot. 24. — Coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 40$.

PLANCHE XVII

- Phot. 25. — Coupe transversale d'une tige normale d'*Helianthus annuus* L. $\times 12$.
Phot. 26. — Coupe transversale de la région encerclée de la même tige. $\times 12$.
Phot. 27. — Coupe transversale d'une autre tige normale d'*Helianthus annuus* L. $\times 40$.
Phot. 28. — Portion d'une coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 40$.
Phot. 29. — Autre partie de la coupe précédente. $\times 40$.
Phot. 30. — Portion d'une autre coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 60$.

PLANCHE XVIII

- Phot. 31. — Coupe transversale de la région périphérique d'une tige normale de *Datura Stramonium* L. $\times 205$.
Phot. 32. — Coupe transversale de la même tige. $\times 12$.
Phot. 33. — Coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 12$.
Phot. 34. — Coupe transversale de la partie normale d'une autre tige de *Datura Stramonium* L. $\times 12$.
Phot. 35. — Coupe transversale de la partie encerclée de la même tige. $\times 12$.
Phot. 36. — Portion d'une coupe transversale des tissus périphériques de la partie normale d'une tige de *Phytolacca decandra* L. $\times 205$.
Phot. 37. — Portion d'une coupe transversale des tissus périphériques de la partie encerclée de la même tige. $\times 205$.
-

TABLE DES MATIÈRES

Introduction	9
PREMIÈRE PARTIE	
L'étirement dans les tissus normaux	11
I. — Historique	11
II. — Tige de <i>Viscum album</i> L.....	22
DEUXIÈME PARTIE	
L'étirement dans les tissus pathologiques	29
I. — Historique	29
II. — Cécidie produite par <i>Stictodiplosis Jacobaeae</i> H. Löw. sur <i>Senecio Jacobaea</i> L.....	32
III. — Cécidie produite par <i>Aulax Papaveris</i> Perris sur <i>Papaver</i> <i>dubium</i> L.....	38
IV. — Cécidie produite par <i>Oxya nebulosa</i> Wied. sur <i>Chrysanthemum</i> <i>Leucanthemum</i> L.....	42
TROISIÈME PARTIE	
Expérimentation	49
I. — Historique	49
II. — Technique.....	65
III. — Expériences sur le fruit de <i>Cucurbita maxima</i> Duch	66
IV. — Expériences sur diverses tiges.....	70
a) Tige de <i>Rosa</i> L.	70
b) Tige de <i>Prunus Laurocerasus</i> L.....	72
c) Tige de <i>Cornus mas</i> L.....	73
d) Tige d' <i>Acer Pseudoplatanus</i> L.....	75
e) Tige de <i>Cucurbita maxima</i> Duch.....	79
f) Tige de <i>Dahlia variabilis</i> Desf.....	81
g) Tige d' <i>Helianthus annuus</i> L.....	85
h) Tige de <i>Datura Stramonium</i> L.....	94
i) Tige de <i>Ricinus communis</i> L.....	98
j) Tige de <i>Phytolacca decandra</i> L.....	100
Conclusions	103
Index bibliographique	109
Explication des planches	131

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

- 1^o — Influence de la pression sur les animaux aquatiques.
2^o — Caractères généraux de la coquille des Ammonites.
-

Vu et approuvé :
Paris, le 6 Décembre 1933.
Le Doyen de la Faculté des Sciences,
Ch. MAURAIN

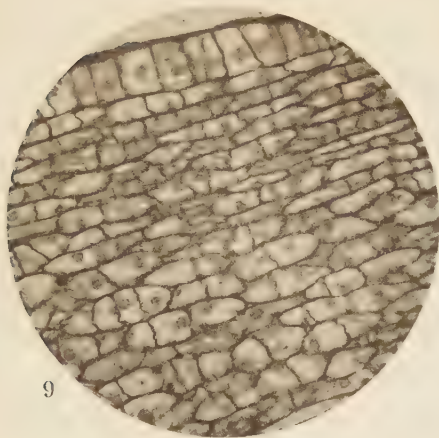
Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris,
S. CHARLÉTY



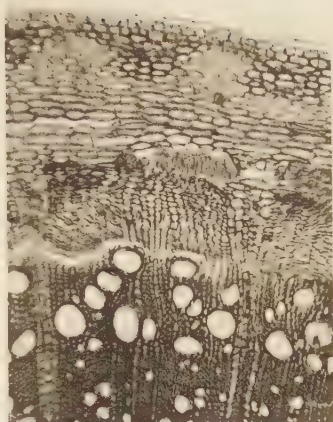
BOUAN, Imp.

G. GARNIER, Phot.

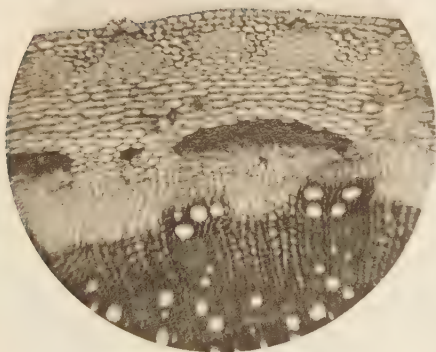
Etirement chez les Végétaux.



9



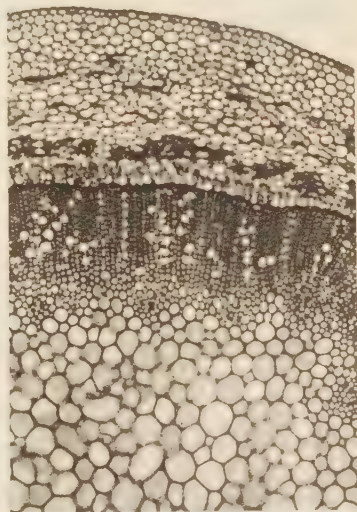
10



11



12

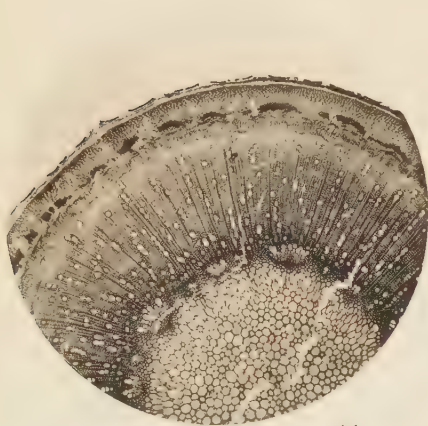


13

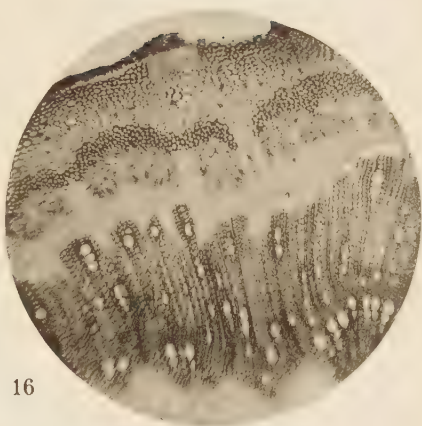
BOUAN, Imp.

G. GARNIER, Phot.

Etirement chez les Végétaux.



14



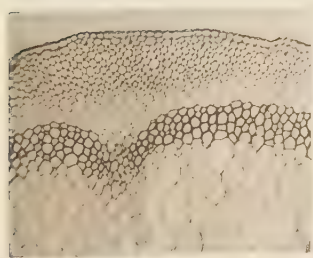
16



15



17



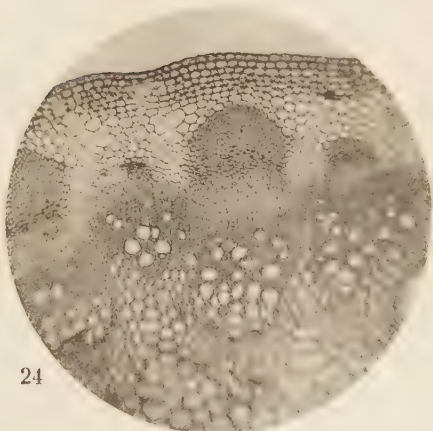
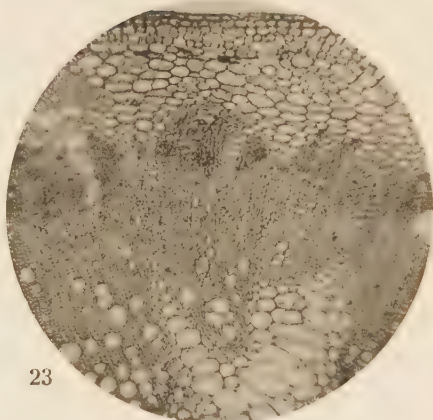
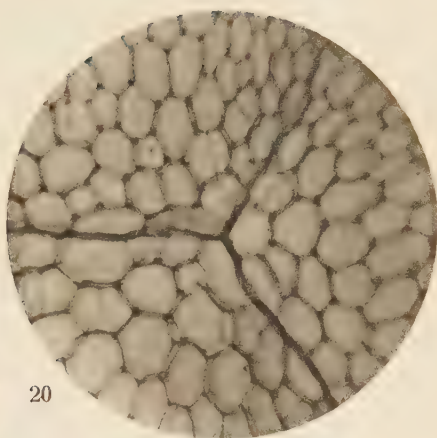
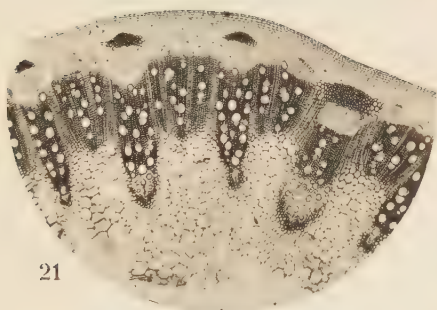
18



19

BOUAN, Imp.

G. GARNIER, Phot.

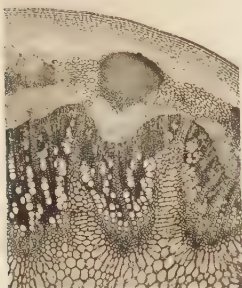


BOUAN, Imp.

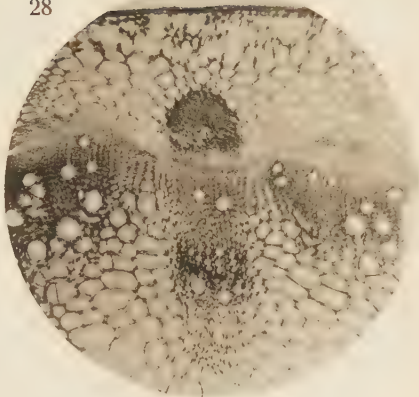
G. GARNIER, Phot.

Etirement chez les Végétaux.

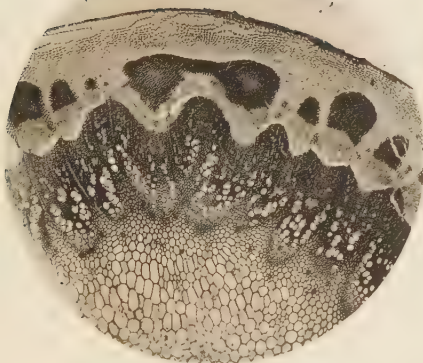
25



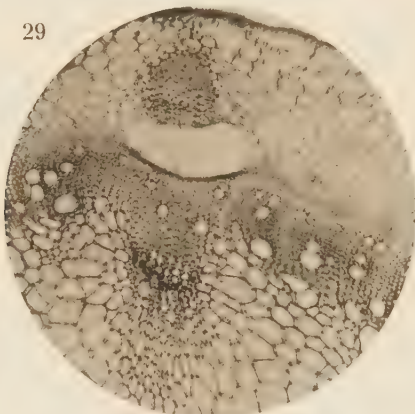
28



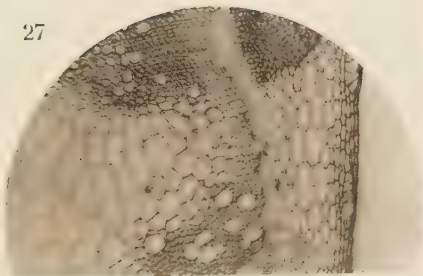
26



29



27

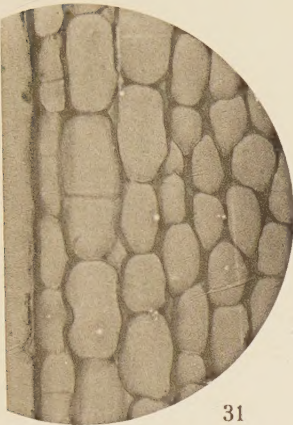


30

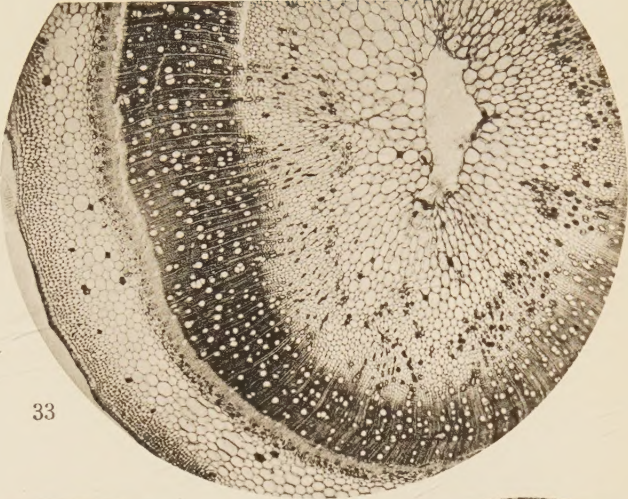


BOUAN, Imp.

G. GARNIER, Phot.



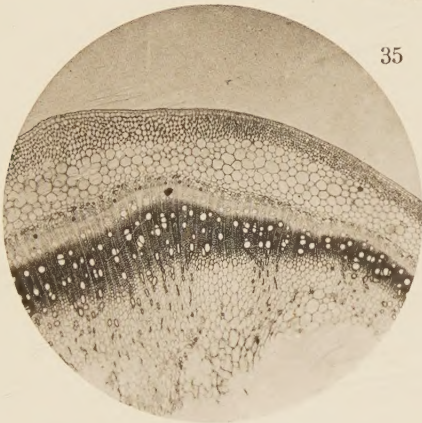
31



33



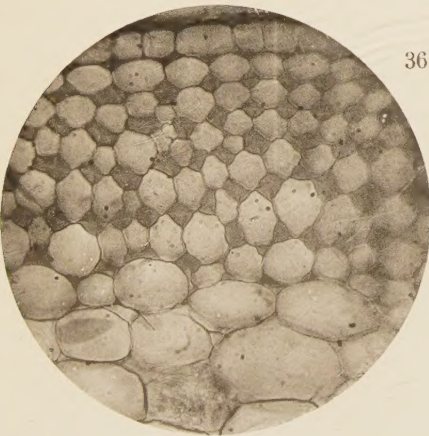
32



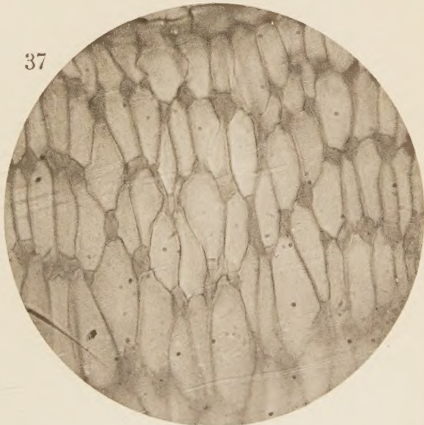
35



34



36



37

BOUAN, Imp.

G. GARNIER, Phot.

IMPRIMERIE
NEMOURIENNE

ANDRÉ LESOT
3, Rue des Pliants, 3
NEMOURS (S.-&-M.)
